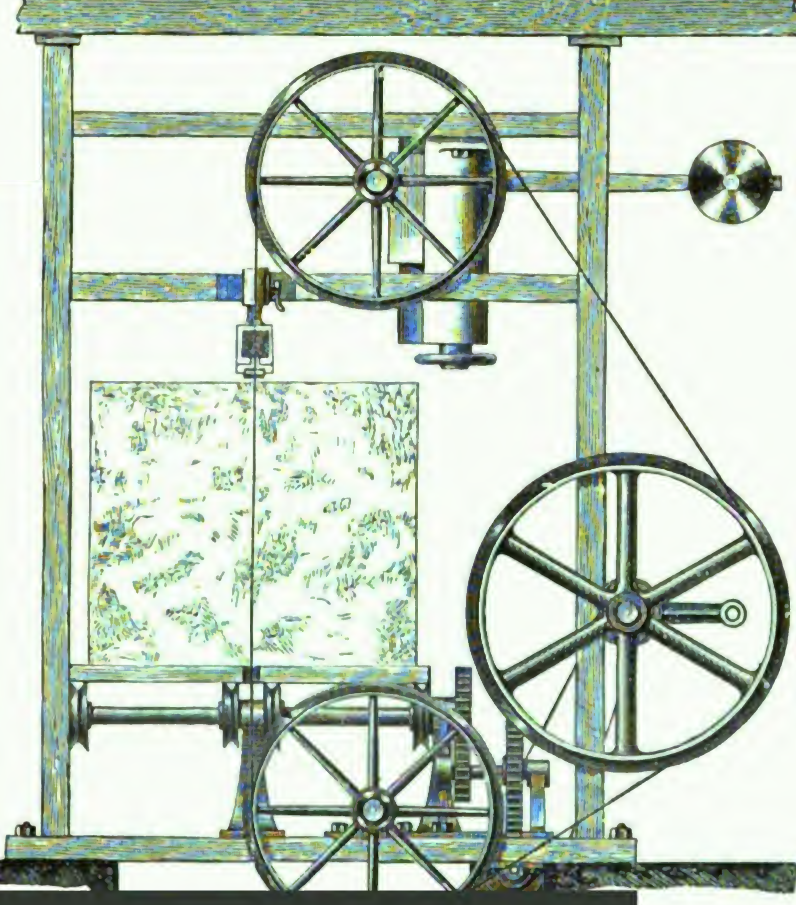


Einleitung[zur Handbuch der Architektur]

August Ottomar von Essenwein


ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
COLLEGE
OF
ARCHITECTURE




ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
COLLEGE
OF
ARCHITECTURE



Gefamtanordnung und Gliederung des „Handbuches der Architektur“ (zugleich Verzeichnis der bereits erfchienenen Bände, bezw. Hefte) find am Schluffe des vorliegenden Heftes zu finden.

Jeder Band, bezw. Halbband und jedes Heft des „Handbuches der Architektur“ bildet ein Ganzes für fich und ift einzeln käuflich.

HANDBUCH

DER

ARCHITEKTUR.

Unter Mitwirkung von

Geheimerat
Profeffor Dr. **Jofef Durm**
in Karlsruhe

und

Geh. Regierungs- und Baurat
Profeffor Dr. **Hermann Ende**
in Berlin

herausgegeben von

Geheimer Baurat
Profeffor Dr. **Eduard Schmitt**
in Darmftadt.

Erfter Teil:

ALLGEMEINE HOCHBAUKUNDE.

1. Band, erftes Heft:

Einleitung.

(Theoretifche und gefchichtliche Überficht.)

Die Technik der wichtigeren Bauftoffe.

DRITTE AUFLAGE.

ALFRED KRÖNER VERLAG IN STUTTGART
1905.

ALLGEMEINE HOCHBAUKUNDE.

DES

HANDBUCHES DER ARCHITEKTUR

ERSTER TEIL.

1. Band, Heft 1:

Einleitung.

(Theoretiſche und geſchichtliche Überſicht.)

Von

† Dr. **Auguſt von Eſſenwein,**

Geheimer Rat und erſter Direktor des Germaniſchen Nationalmuſeums in Nürnberg.

Die Technik der wichtigeren Bauſtoffe.

Von

Dr. **W. F. Exner,**

Hofrat, Profeſſor an der Hochſchule für Bodenkultur und Direktor des Technologiſchen Gewerbemuſeums in Wien,

† **Hans Hauenſchild,**
Profeſſor und Ingenieur
in Berlin,

Hugo Koch,
Geheimer Baurat und Profeſſor an der
Techniſchen Hochſchule in Berlin-Charlottenburg,

Georg Lauboeck,
Regierungsrat und Profeſſor am Technologiſchen
Gewerbemuſeum in Wien

und

Dr. **Eduard Schmitt,**
Geheimer Baurat und Profeſſor
an der Techniſchen Hochſchule in Darmſtadt.

DRITTE AUFLAGE.

Mit 81 in den Text eingedruckten Abbildungen.

STUTTGART
ALFRED KRÖNER VERLAG
1905.

Druck von BÄR & HERMANN in Leipzig.

Handbuch der Architektur.

I. Teil.

Allgemeine Hochbaukunde.

1. Band, Heft 1.

(Dritte Auflage.)

INHALTSVERZEICHNIS.

Einleitung.

Allgemeine Hochbaukunde.

Erfte Abteilung.

Die Technik der wichtigeren Bauftoffe.

1. Abfchnitt.

Konftruktionsmaterialien.

2. Abschnitt.

Materialien des Ausbaues.

HANDBUCH DER ARCHITEKTUR.

EINLEITUNG.

Von † Dr. August v. Essenwein.

Theoretifcher Teil.

Nach ewigen Satzungen ift das Weltall aufgebaut, und unwandelbaren Gefetzen gehorcht unfer Erdball, fowie alles, was auf ihm die Natur gefchaffen. Jede ihrer Einrichtungen ift zweckmäßig, jedes ihrer Werke in feiner Art vollkommen. Die äußere Erfcheinung eines jeden ift charakteriftifch und verftändlich, aber auch unabänderlich die gleiche bei fämtlichen Exemplaren einer und derfelben Art. Es ift eine fo vollkommene Harmonie zwifchen der Aufgabe vorhanden, welche im Haushalte der Schöpfung jedem einzelnen Teile zugewiefen ift, und den ihm zur Erfüllung der Aufgabe verliehenen Organen, fowie der äußeren Erfcheinung, daß für kein Einzelexemplar eine Ausnahme denkbar ift. Selbft wo die Natur ihre Kräfte indirekt ausübt, indem die Gefchöpfe durch eigene Tätigkeit fchaffend wirken, folgen diefe nur in ganz befchränktem Maße eigenem Willen, faft ausfchließlich aber einer in ihnen wirkenden Naturkraft.

Das einzige Gefchöpf, welches mit freiem Willen fchaffend tätig ift, ift der Menfch, und deffen Leiftungen ftehen als bewußte Arbeit den Werken der Natur gegenüber[1]. Allerdings unterliegt auch die menfchliche Tätigkeit Gefetzen, welche den freien Willen des einzelnen Individuums beeinfluffen und befchränken; aber dasfelbe vermag es zum mindeften, fie zu erkennen, alfo fich ihnen mit Bewußtfein zu unterordnen, felbft bis zu einem gewiffen Grade fich dagegen aufzulehnen und ihrem Einfluffe zu entziehen. Auch find diefe Gefetze nicht unabänderlich wie die Naturgefetze: es gibt fich im Gegenteil eine gewiffe Entwickelung derfelben kund; fie bilden fich durch die Pflege aus, welche das Menfchengefchlecht feiner eigenen Tätigkeit widmet.

Die Grundlage derfelben ift das Denken.

Der gefamten Natur liegt ein ewiger Gedanke zu Grunde, aus welchem fich logifch und gefetzmäßig die einzelnen Kräfte und fämtliche Einrichtungen entwickelt haben; die Kräfte und Einrichtungen wirken fchaffend und bringen das hervor, was fichtbar und greifbar ift. Dem großen Gedanken des Univerfums und der unabänderlichen, weil abfolut vollkommenen Weisheit desfelben fteht der freie Gedanke des Menfchen in der Kleinheit gegenüber, wie fie die menfchliche Faffungskraft bedingt, den Werken der Natur ähnlich, die aus dem menfchlichen Gedanken hervorgegangenen Schöpfungen.

Wenn aber auch des einzelnen Menfchen Denkkraft und damit feine Fähigkeit zum Hervorbringen von Schöpfungen gering ift, fo vereinigt fich doch, was er gefchaffen, mit dem, was andere getan. Eine Generation vererbt ihre Tätigkeit der anderen, und fo entfteht durch die Pflege ein großes Ganze, die Kultur. Eines Menfchen Erfahrung reiht fich an die des anderen, wie Ziffer an Ziffer in

[1] Wohl hat die moderne Naturwiffenfchaft durch ihre tiefen Beobachtungen den großen Gegenfatz, wie er hier vorgetragen ift, gemindert gefunden, und es foll auch hier mit dem Ausfpruche desfelben nicht beabfichtigt fein, die Ergebniffe der Naturwiffenfchften in Frage zu ftellen; aber da fie nicht dazu geführt haben, noch dahin führen können, den Gegenfatz aufzuheben, fo kann die Thefe immerhin in unferer Formel gefaßt werden.

unſerem Zahlenſyſtem, und die Kultur als Ganzes erreicht ſo eine Größe, daß ſie beinahe der Natur ebenbürtig werden kann. Doch nur beinahe; denn ſo wenig unſer Zahlenſyſtem das Unendliche erreicht, wenn auch noch ſo viele Ziffern aneinander gereiht würden, ſo wenig wird auch die höchſte Höhe der Kultur der abſoluten Vollkommenheit des Unendlichen und Ewigen im Univerſum gleich kommen.

In ihrer Entwickelung zeigt uns, bei einem Rückblicke auf dieſelbe, die Kultur einen Stufengang, deſſen Anfänge verhältnismäßig klein und unbedeutend ſind. Aber ſchon auf dieſer unterſten Stufe tritt ſie in derſelben charakteriſtiſchen Weiſe der Natur gegenüber wie auf der höchſten, welche ſie je erreicht hat, und ſtellt ſie ſich dieſelben Aufgaben, die ſie auch auf der höchſten Stufe bewältigen will, wenn dort auch im einzelnen ganz andere Anforderungen geſtellt und ganz andere Wege eingeſchlagen werden müſſen, um der Aufgabe gerecht zu werden. Auf der unterſten ſchon, wie auf der höchſten Stufe zeigt ſie ſich der Natur gegenüber als das Reich des menſchlichen Gedankens und als das Feld der Tätigkeit desſelben. Und zwar hat die Kultur, das Reſultat des ſelbſtbewußten Menſchengedankens, einen ihren Zweck ausdrückenden Doppelgedanken, der ihr eine doppelte Aufgabe zuweiſt. Die geſamte menſchliche Tätigkeit wird in der Abſicht ausgeübt, die materiellen äußeren Bedingungen des Lebens günſtiger zu geſtalten, als dies die Natur getan, und dem menſchlichen Geiſte Anregung und Erhebung wie Genuß zu gewähren.

Wie eingehend wir auch in der Geſchichte die Aufgabe der Kultur erforſchen mögen, läßt ſich doch kein Anhaltspunkt für die Annahme finden, daß eine dieſer beiden Aufgaben der anderen vorangegangen; nirgends in der Geſamtentwickelung der Kultur finden wir eine derſelben ausſchließlich geſtellt, wenn auch eine oder die andere mehr Aufmerkſamkeit in Anſpruch nimmt. Es läßt ſich nicht feſtſtellen, ob der Schmuck des Körpers, ob die Bekleidung desſelben zum Schutze gegen die Unbilden der Witterung zuerſt aufgetreten. Die erſte Zubereitung der Nahrungsmittel mag ebenſo in der Abſicht geſchehen ſein, ſie dem Körper zuträglicher zu machen, als durch höheren Wohlgeſchmack den Sinnen, ſomit dem Geiſte, Anregung zu gewähren. Die beiden der Kultur geſtellten Aufgaben bilden die Grundlage für zwei Richtungen, die durch den geſamten Entwickelungsgang derſelben hindurchgehen, die materialiſtiſche und die idealiſtiſche. In letzterer überwiegt der Trieb, durch Erhebung des Geiſtes den Menſchen zu veredeln, durch Mehrung der Erkenntnisfähigkeit ihn auf eine der ſchaffenden Allmacht, dem Reiche des Unendlichen nähere Stufe zu heben, in der anderen den Lebensgenuß bequemer und behaglicher zu geſtalten. Aber ſchon der Begriff des Genuſſes hat eine ideale Seite; es muß die Gedankenwelt angeregt werden — oder, was gleichbedeutend iſt: die unbeſtimmte und unklare Form des Erkennens, das Gefühl. Und ohne Anregung der treibenden Macht des Gedankens iſt ja die Erſchließung jener Quellen unmöglich, aus denen erhöhte Lebensbequemlichkeit fließen kann. Ohne die idealiſtiſche Richtung iſt daher auch die Herrſchaft der materialiſtiſchen nicht denkbar, ſo wenig als die Herrſchaft des Idealismus über die Menſchheit denkbar wäre, wenn in dieſer nicht der Sinn für einen beſtimmten Grad von Lebensbequemlichkeit und Genuß lebendig würde.

Die fortſchreitende Entwickelung der Kultur zeigt uns daher erſtens: die Tätigkeit auf dem Gebiete des bloßen Gedankens in fortgehender Bewegung, und zweitens: den Fortgang der materiellen, körperlich ſchaffenden Arbeit, deren Triebfeder der Gedanke iſt.

I.

Die Tätigkeit in erſtgenannter Richtung hat ſich ebenſo geſetzmäßig organiſiert wie jene der Natur. Weil der Menſch als Einzelner wenig zu leiſten imſtande iſt, bedurfte er der Mitteilung an andere, die ihm folgen ſollten. Es mußte ſich neben der Fähigkeit, Eindrücke aufzunehmen und ſich derſelben bewußt zu werden, ein Mittel der Übertragung an andere ausbilden, wie es in der geſetzmäßig organiſierten Sprache gegeben iſt. Durch die Geſetzmäßigkeit der Organiſation vermag ſie es, dem Gedanken klaren Ausdruck zu verleihen und durch dieſe Klarheit ſetzt ſie den Menſchen in die Lage, ſich Rechenſchaft über ſein Denken zu geben, ſowie andere auf einen Höhepunkt zu heben, den er ſelbſt erreicht hat. Auf ſolcher Grundlage wurde es dem Gedanken möglich, ſich ſeine Bahnen zu ſchaffen. Auf ihr konnte er die ihm geſtellte Aufgabe erkennen, ſich Frageſtellungen formulieren, Syſteme und Methode finden, die geſtellten Fragen wahrheitsgemäß beantworten. Er konnte das Reich der Wiſſenſchaften aufbauen und entwickeln. Die Klarheit des Gedankens, wie ſie die Wiſſenſchaft bringt, erhebt den Menſchen; doch läßt ſie ihn auch erkennen, daß die Kraft des geſamten menſchlichen Geiſtes zum vollſtändigen Ergründen der letzten Geheimniſſe nicht genügt, daß der Forſchung und Wiſſenſchaft manches Gebiet verſchloſſen bleiben wird, in welches einzudringen der Menſch ſich ſehnt. Aber neben der Erkenntnis deſſen, was zu erforſchen, weil es vorhanden oder geſchehen iſt, hat ſich der menſchliche Geiſt auch die Fähigkeit gebildet, nicht Vorhandenes zu erdenken, nicht Geſchehenes zu erſinnen, und ebenſowie das Vorhandene und Geſchehene darzuſtellen. Wenn ihm die Wiſſenſchaft nur einen Teil des Beſtehenden erklären kann, ſo zeigt ihm die Phantaſie ein ebenſo weites Reich als jenes der Wiſſenſchaft, das der Dichtung, die ihn ebenſo anzuregen und zu erheben vermag wie die Erkenntnis des Wirklichen.

Die Dichtung aber bewegt ſich nicht bloß auf dem Boden des beſtimmten Gedankens; auch ſeine unbeſtimmte Form, das Gefühl, bildet eine nie verſiegende Quelle, aus welcher die Phantaſie ſchöpft, um die Dichtung zu befruchten. So haben Phantaſie und Gefühl die Kultur ebenſo mächtig gefördert als der Verſtand.

Der Menſch fühlt nicht bloß das Bedürfnis, vermittels der Sprache ſeinen Gedanken und Gefühlen für ſich und andere Ausdruck zu verleihen. Die Töne, welche die Natur in ſeiner Stimme ihm zur Verfügung geſtellt oder welche er durch Werkzeuge hervorbringen kann, ſind ſo mannigfaltiger Art, daß er ſie ſchon frühe erkennen und bald auch die Geſetze auffinden mußte, auf denen das gegenſeitige Verhältnis derſelben beruht. Er erkannte, daß geſetzmäßige Aneinanderreihung Gefühlen Ausdruck geben und deshalb Gefühle anregen könne, je nach der Verwendung tiefer und mächtiger, als ſelbſt die Sprache es vermag. So fand der Menſch in der Muſik ein Gebiet ſchöpferiſcher Tätigkeit zur Anregung des Gemütes, die ihn noch weiter in den Kreis des unfaßbaren Unendlichen zu ziehen vermag als der klare Verſtand, als die Wiſſenſchaft, als ſelbſt die Dichtung.

Die Kulturtätigkeit auf dem Gebiete des abſtrakten Gedankens mußte bei einiger Entwickelung den Menſchen zunächſt zur Frage nach dem Zwecke derſelben führen. Als ſich die Erhebung und Veredelung als ſolcher gezeigt hatte und als die Mitwirkung des Gefühles als mächtiges Mittel dazu erkannt war, mußte die direkte Verbindung mit der Allmacht, die auch ihn geſchaffen und der er durch Veredelung ſich nähern wollte, angeſtrebt werden. So verſchieden nun auch die Formen der Religionen ſind, durch welche der Menſch dieſe Verbindung

und ihren Einfluß auf ſich regeln wollte, ſo gaben ſie doch alle erſt dem Triebe nach Veredelung die wahre Kraft, ſich auch weiter zu entwickeln, insbeſondere ſich nicht mit dem Erkennen zu begnügen, ſondern ganz beſonders das Gebiet der Phantaſie zu erweitern und ſich ſchöpferiſch auf demſelben zu betätigen. Dichtung und Muſik danken den Religionen allenthalben jene höchſte Inſpiration, welche ſie auf den Standpunkt erhabener Kunſt führte.

II.

Je weiter ſich die Wiſſenſchaft auf dem eigenen Gebiete um ihrer ſelbſt willen erhob, je mächtiger die Phantaſie das Gefühl anregte, um ſo größer mußte auch die treibende Kraft ſein, welche Gedanken und Gefühle einſetzen, um auf dem Gebiete des greifbaren Schaffens eine ähnliche Entwickelung hervorzubringen und dieſes weite Reich je zur ſelben Größe und Macht zu heben, zu welchen die Reiche des abſtrakten Gedankens und Gefühles ſich emporgeſchwungen hatten. Das gegenwärtige Buch hat die Betrachtung des weiteſten und großartigſten Gebietes greifbaren Schaffens zur Aufgabe, und ſo mögen vorſtehende Andeutungen genügen; wir unterlaſſen es, die geſchichtliche Entwickelung anzudeuten, welche die Kultur in den großen, nur eben angedeuteten Reichen genommen, die ſich der menſchliche Geiſt geſchaffen, um nunmehr die treibende Kraft zu betrachten, als welche ſich Verſtand und Phantaſie auf dem Gebiete des körperlichen Schaffens bewähren.

Sobald der Menſch körperlich greifbare Werke irgendwelcher Art herſtellen will, findet er verſchiedene, ſtets verwandte Aufgaben vor, die ihn veranlaſſen, ſeine Gedanken nach beſtimmten Richtungen in Tätigkeit zu ſetzen.

So einfach auf der unterſten Kulturſtufe die Anforderungen an die Gedankentätigkeit ſind, ſo mußte doch der erſte Schritt ein großer ſein, und nur durch die geiſtige Arbeit von Generationen konnte der Menſch zum Höhepunkt gelangen, auf welchem ſodann ſich jede dieſer Aufgaben zu einer umfaſſenden Disziplin entwickelte, deren Kenntnisnahme dem einzelnen nur möglich, weil ſie ihm vorbereitet und geordnet überliefert werden, während er ſelbſt ſchon Großes geleiſtet, wenn ſeine hinzugegebenen Erfahrungen hier und dort etwas vervollkommnen und verbeſſern, wenn durch ſeine Anregung irgend ein Teil in andere Bahnen gelenkt, wenn durch ihn die Erkenntnis an irgend einer Stelle gemehrt wird.

Die Betrachtung auch nur des greifbaren menſchlichen Schaffens, wie die Anleitung zu demſelben bietet uns daher eine Reihe von einzelnen Feldern, die ſich nach dem Gange gliedern, welchen der Gedanke zu nehmen hat, um zum fertigen Werke zu gelangen, jedes einzelne ſo groß und umfaſſend, daß es wiederum nur durch Teilung zu bewältigen iſt.

Zunächſt ſtehen wir ſtets der Frage gegenüber, wie wir unſer Werk einzurichten haben, damit es den Zweck erfüllt, zu welchem wir es ins Leben rufen wollen. Da kann uns nun allerdings keine Einzeldisziplin Auskunft geben. In tauſendfacher Mannigfaltigkeit ſtehen jene Werke vor uns, deren Herſtellung die fortgeſchrittene Kultur von uns verlangt, und von denen je wenige Arten ſich zu beſtimmten Gruppen vereinigen und die Arbeit und die Erfahrung einer Reihe von Menſchen in Anſpruch nehmen, deren Tätigkeit als ihr „Fach“ bezeichnet wird. Das Studium eines jeden ſolchen Faches bildet eine Disziplin für ſich. Innerhalb jeder dieſer Disziplinen werden aber allgemeine Grundſätze auf das beſtimmte Fach angewandt und ſpezielle aus den Aufgaben entwickelt.

Hierauf tritt uns die Frage entgegen, wie und mit welchen Hilfsmitteln, aus welchen Stoffen wir das Werk anfertigen follen. Die Beantwortung diefer Fragen gibt uns eine Gruppe von wiffenfchaftlichen Disziplinen. Wir ftehen damit teilweife auf dem Gebiete der Naturwiffenfchaften. Wir haben die Eigenfchaften der von der Natur uns gebotenen Materialien zu prüfen, zu unterfuchen, welchen Widerftand fie der Bearbeitung darbieten, welchen fie im fertigen Werke den auf dasfelbe erfolgenden Angriffen entgegenzufetzen vermögen, wie durch Umwandelung die in ihnen liegenden Kräfte gemehrt, neue Kräfte erzeugt werden können.

Wir haben fodann die Gefetze zu ftudieren, nach welchen diefe Elemente, mit denen wir arbeiten, mechanifch miteinander verbunden werden müffen, um fich zu einem Ganzen zu vereinigen. Wir müffen zu diefem Zwecke die Naturgefetze erforfchen, nach welchen die Körper fich bewegen oder feftftehen, nach welchen fie in beftimmter Lage oder Verbindung feftgehalten werden. Da wir erkennen, daß diefe Gefetze fich durch mathematifche Formeln ausfprechen laffen, fo führt uns hier der Weg auf das Gebiet der exakteften und fchärfften aller wiffenfchaftlichen Disziplinen, auf jenes der Mathematik, welche uns in der Statik und Mechanik Naturgefetze verftehen lehrt.

Die verfchiedenen Arten, nach welchen die Verbindung der einzelnen Teile unter fich, die Herftellung eines Ganzen aus Einzelteilen, gefchehen kann, die fo mannigfaltigen Methoden werden als die Technik des betreffenden Werkes bezeichnet. Die Technologie lehrt uns die taufendfältigen Werkzeuge und Verfahrungsarten kennen, deren wir uns bedienen müffen, um zum Zwecke zu gelangen.

Neben der Frage, welche Einrichtung einem Werke zu geben ift und welche Hilfsmittel uns zum Ziele führen, fteht fodann die Frage, welche äußere Erfcheinung unferer Schöpfung zu verleihen, in welcher Geftalt fich das Werk im Ganzen, wie in feinen Einzelteilen als eine folche des menfchlichen Geiftes neben den Schöpfungen der Natur dem Auge darbieten foll. Wir find auch hier in einem, jenem der angewandten Wiffenfchaften ebenbürtigen Reiche angelangt, in dem der Kunft. Auch in diefem herrfcht Gefetzmäßigkeit, weil das Denken auch hier die Grundlage bildet. Wer hier fchaffend tätig ift, fteht unter der Herrfchaft diefer Gefetze. Zu ihrer Erkenntnis führen ihn zwei Wege: das Suchen der Erkenntnis von Richtigkeit und Zweckmäßigkeit aus inneren Gründen und die Beobachtung deffen, was andere, von klarem Bewußtfein oder von unbeftimmtem Gefühle geleitet, getan haben; denn es findet auch hier eine Übertragung von Individuum zu Individuum, von Generation zu Generation ftatt.

Maßgebend ift für die äußere Erfcheinung vor allem die Form, und es bedarf deshalb auch hier einer Organifation, der Sprache ähnlich; es entfteht eine Formenfprache, die ihre Entwickelung in gefchichtlicher Weife durchlebt und die gleich der menfchlichen Sprache im Verlauf diefer gefchichtlichen Entwickelung eine Reihe von Gruppen gebildet hat, die Stile, die unter fich verfchieden find, und doch zueinander in Verwandtfchaftsverhältniffen ftehen, ähnlich wie die großen Sprachengruppen und, wie diefe, teilweife einander folgend, teilweife gleichzeitig nebeneinander lebend, in fich aber einfchließend, was eine Reihe von Einzelindividuen auf dem erften der beiden Wege, was fie aus inneren Gründen als das Richtige für die Aufgaben der Formengebung für die vom Menfchen gefchaffenen Werke erkannt zu haben glauben.

Neben der Form hat die äußere Erfcheinung eines jeden Gegenftandes, der natürlichen fowohl wie der künftlichen, noch etwas Auffälliges an fich: die

Farbe, die nicht minder für den Gesamteindruck, den die Sache auf das menschliche Gemüt macht, entscheidend ist als die Form. Das Verhältnis der Farbe zur Form ist ein ähnliches wie jenes der Töne zur Sprache, indem auch die Farbe nur unbestimmte Gedanken, nur Gefühle ausdrücken und anregen kann, während die Form des bestimmtesten Ausdruckes klarer Gedanken fähig ist. Ein Unterschied waltet allerdings ob. Während Töne auch ohne Vermittelung der Sprache zur Musik harmonisch aneinander gereiht werden können, lassen sich Farbtöne nicht ohne Verbindung mit Formen verwenden, ob es nun körperliche Formen seien oder eine in der Ebene liegende Zeichnung, nach welcher die Farbtöne miteinander verbunden werden. Aber wie die Wirkung der Sprache durch Steigen und Fallen des Tones gemehrt werden kann, wie durch Verbindung der künstlerisch gegliederten Sprache der Dichtkunst mit der Musik die erhabensten Kunstwerke entstehen, so liegt in der Verbindung von Farbe und Form, in künstlerischer Benutzung beider, der Schlüssel zur Erzielung der vollendetsten Harmonie, und der schaffende Geist wird sich nie der gleichzeitigen Sorge um beide entschlagen dürfen, wenn er ein befriedigendes Werk schaffen will. Denn selbst wo Einfärbigkeit Grundbedingung ist, wird die Wahl der Farbe die Formendurchbildung beeinflussen. Deshalb treten Art und Umfang der Verwendung der Farbe ebenso charakteristisch in der geschichtlichen Entwickelung auf als der Gang, welchen die Formenspache genommen, und wenn die gemeinsamsten Eigenschaften, wenn der Stil einer bestimmten Gruppe von Werken betrachtet werden soll, so muß sich die Aufmerksamkeit ebensowohl der Farbenstimmung, wie der Ausbildung der besonderen Formensprache zuwenden.

Alle Werke, die unter der Herrschaft eines solchen Stils, also in der Regel innerhalb einer Völkerfamilie, geschaffen sind, bilden in Form und Farbe eine Einheit.

III.

So wohl organisiert auch unsere Sprache ist, so hat sie doch mitunter für mehrere verwandte Begriffe nur ein Wort. So hat sie ein für alle Werke der Menschenhand übliches Wort. Mit Recht bezeichnet sie dieselben gegenüber den Werken der Natur als Werke der „Kunst", weil das Können die Grundlage der schaffenden Tätigkeit hier bildet, wie das Wissen jene der erkennenden. Die deutsche Sprache bezeichnet alle von Menschenhand geschaffenen Werke als künstlich gegenüber den natürlichen. Dasselbe Wort „Kunst" jedoch wird auch in ausschließlicher Anwendung auf einen Teil der künstlichen Werke gebraucht, in Anwendung auf jene, die man im Gegensatz zu allen übrigen „künstlerische" nennt. Wir haben das Reich der Kunst kennen gelernt auf dem Gebiete des abstrakten Gedankens, in Dichtkunst und Musik. Die Phantasie gab die Anregung; sie ist es auch, welcher solche hier auf dem Gebiete des angewandten Gedankens zu entnehmen ist; denn wir haben hier eine vollständige Analogie. Wie die Dichtkunst neben dem weiten Begriffe alles Erdachten, der sich in dem Worte „Dichtung" ausspricht, eine engere Bedeutung hat und nur auf gewisse Arten des Erdachten Anwendung findet, so auch hier die Kunst im engeren Sinne. In dieser Analogie haben wir auch einen bequemen Maßstab, um das Künstlerische vom Künstlichen im allgemeinen, vom Kunstbegriffe zu trennen und die Kunst im engeren Sinne zu definieren. Eine absolut genaue Grenze wird sich allerdings so wenig ziehen lassen, als das Gebiet der Dichtkunst sich mit mathematischer Sicherheit auf jenem der Dichtung umgrenzen läßt.

Wir haben von der tausendfachen Mannigfaltigkeit der Zwecke gesprochen, denen die Werke der Menschenhand dienen sollen. Der große Doppelgedanke der Kultur zeigt uns auch auf dem Gebiete des angewandten Gedankens für die Kunst im weiteren Sinne zwei Hauptaufgaben: einem materiellen Zwecke zu dienen einerseits, Geist und Gemüt des Menschen anzuregen und zu erheben andererseits. Und soweit die Erfüllung der letzteren Aufgabe die schöpfende Kraft in Anspruch nimmt, bewegt sie sich auf dem Gebiete der Kunst im engeren Sinne, und man nennt sie im Gegensatz zu jenen Künsten, die nur dem Geiste, nicht der Hand des Menschen die Entstehung ihrer Werke verdanken, wie Dichtkunst und Musik, die bildende Kunst. Allein kaum je hat die bildende Kunst ausschließlichen Einfluß auf die Schöpfung eines Werkes; dasselbe soll, körperlich aus natürlichen Materialien geschaffen, der Welt übergeben werden, soll irgendwo aufbewahrt werden und muß auf irgend eine Art angefertigt werden — Anhaltspunkte genug, um auch dem idealsten derselben eine materielle Seite zu geben. Andererseits mag der Zweck eines Werkes noch so materiell sein, mag er noch so bestimmte Anforderungen an die Gestaltung stellen, so hat es doch seine äußere Erscheinung und selbst beim untergeordnetsten ist diese für das Auge des denkenden Menschen nicht bedeutungslos. Die Kunst im engeren Sinne durchdringt das ganze Gebiet des menschlichen Schaffens. Ja es liegt in dem Grade, in welchem auch die Anforderungen des Gefühles im Verhältnisse zu denen des Verstandes Berücksichtigung gefunden, ein Maßstab für den Höhepunkt der Kulturentwickelung.

IV.

Wir haben bereits oben gesagt, daß die tausendfältigen Werke der Menschenhand, wie sie die fortgeschrittene Kultur hervorbringt, in sich so verschieden sind, daß nicht eine einzelne Disziplin Zweck und Einrichtung aller derselben betrachten kann. Wir haben aber eine Reihe von Gesichtspunkten aufzustellen gehabt, welche bei Betrachtung eines jeden maßgebend sind und welche, nach Familien solcher Werke vereinigt, als Fach gemeinsame Entwickelung genommen und sich auch gemeinsam betrachten lassen. Ein solches Fach ist Aufgabe der Betrachtung gegenwärtiger Arbeit.

Wir können im allgemeinen sagen, daß mit dem Steigen der Kultur die Aufgaben für das körperliche Schaffen sich gemehrt haben. Mit der geistigen Entwickelung entwickelten sich Bedürfnisse aller Art; es ergaben sich stets neue Zwecke, denen durch Schöpfungen Genüge geleistet werden sollte. Doch zeigt ein Blick auf die geschichtliche Entwickelung, daß nicht alle Zweige jederzeit gleichmäßige Ausbildung und Pflege fanden. Während ein Volk in einer bestimmten Periode die bedeutendsten Fortschritte in einer Richtung machte, blieb es in anderer stehen oder schritt langsamer vor; selbst bei ganzen Völkern und Völkerfamilien richtete sich die geistige Arbeit nur nach einer oder mehreren Richtungen und ließ andere mehr oder weniger zur Seite, wodurch gerade die Kultur solcher Zeiten und Völker ihren Charakter um so kenntlicher aufgeprägt erhielt, wodurch es aber auch schwierig wird, solche irgend eines Landes oder irgend einer Zeit als den Höhepunkt des je Erreichten zu betrachten. Manche Fächer haben allerdings nie eine hervorragende Rolle spielen können. Sie haben Werke geschaffen, die, für den Tag bestimmt, ihm dienten, mit ihm wieder vergingen; andere standen stets an der Spitze.

Je bedeutungsvoller der Zweck, je mehr auf seine Erreichung Gewicht ge-

legt wurde, um so mehr Aufwand von Material, von körperlicher und geistiger Arbeit erschien gerechtfertigt. Deshalb legte man aber solchen Werken auch die Aufgabe bei, einer Reihe von Generationen zu dienen, wenn möglich zu stehen bis an das Ende der Zeiten. Ihnen richtete sich daher auch die Aufmerksamkeit der schaffenden Generation in höherem Maße zu, als den ephemeren Werken. In ihnen konzentriert sich die geistige Kraft der Nation, deren bleibendes Denkmal sie werden sollen. Sie geben uns den Maßstab, den Höhepunkt der Kultur zu beurteilen in den Zwecken, zu welchen sie errichtet sind, in der Art, wie diesen Zwecken Genüge geleistet ist, und in dem Grade der künstlerischen Durchbildung der äußeren Erscheinung. In der Formensprache aber, die sich naturgemäß gerade an solch großartigen Werken entwickelt, gibt sich die Geistesrichtung einer Nation vorzugsweise ersichtlich zu erkennen.

Zur Stellung hervorragender, mit Aufwand zu lösender Aufgaben lud zunächst die Notwendigkeit ein, künstliche Räume zu schaffen, die vor den Unbilden der Witterung Schutz gewähren konnten und den verschiedensten körperlichen wie idealen Zwecken dienten, dann die Notwendigkeit, die von der Natur der Verbindung der Menschen unter sich entgegengestellten und die Fortbewegung über die Erdoberfläche hemmenden Hindernisse der Natur zu beseitigen. Aber auch ein idealer Drang veranlaßte schon auf der untersten Kulturstufe den Menschen, Massen in Bewegung zu setzen, um Zeichen seines Waltens und Wirkens auf der Erde zurückzulassen, sowie um Denkmale seiner Unterordnung und Dankbarkeit gegen höhere Kräfte und Wesen zu errichten, deren Verehrung seine Religionsform ihm nahe legte.

Wohl haben nicht alle Aufgaben, die aus den genannten drei Zwecken hervorgehen, die gleiche Bedeutung, noch erfordern alle dieselbe Höhe des Aufwandes zu ihrer Lösung; alle aber betreffen Werke, welche im Verhältnisse zum menschlichen Körper groß zu nennen sind; stets kommen Massen zur Verwendung, die nur durch Zusammenwirken vieler Menschenkräfte oder mechanischer Hilfsmittel bewältigt werden können. Die Technik, welche dies vollbringt, wird als „Kunst zu bauen“ oder „Bautechnik“ bezeichnet, die Lehre von der Formensprache, in welcher die Werke derselben auftreten, die „Tektonik des Bauens“, im Gegensatze zu jener bei kleinen Schöpfungen, die „Architektonik“. Die Kunst, durch das Bauen jene großen nach den Regeln der Architektonik sich darstellenden Werke zu schaffen, heißt die „Architektur“ oder „Baukunst“. Sie wird ausdrücklich als Kunst bezeichnet; denn sie hat nicht bloß äußerlichen Zwecken zu dienen; sie vermag auch durch ihre Formensprache auf das Gemüt zu wirken und den Geist zu erheben, und ihre Werke fallen somit in den Kreis der Kunst im engeren Sinne. Durch die Größe der Aufgaben hat sie stets an der Spitze der Kulturtätigkeit gestanden; ihre Leistungen haben stets die höchste Höhe dessen bezeichnet, was man jeweils zu schaffen vermochte; in ihren Werken, welche, auf die Dauer der Jahrtausende berechnet, den Nachkommen überliefert werden, hat der praktisch tätige Geist seine höchsten Triumphe gefeiert, hat die bildende Kunst ihre höchsten Gedanken und Gefühle verkörpert, hat sich die Formensprache in klarster Weise entwickelt und der Geist der Nationen am schärfsten ausgesprochen. Kein Wunder, daß also auch das Baufach eine weitergehende Organisation erhalten, daß es in eine Reihe von Spezialgebieten sich gegliedert hat, und daß heute die Tätigkeit eine so vielseitige ist, daß auch in unserem „Handbuch der Architektur“ nicht ein einzelner, sondern eine ganze Reihe verschiedenartigst beschäftigter Fachgenossen es unternommen hat, die Leser

auf das weite Gebiet zu begleiten. Doch kann nur ganz ausnahmsweise ein einzelner sich ganz ausschließlich einem Spezialfache widmen, und kaum wird er dazu gelangen können, dasselbe mit Verständnis auszufüllen, wenn er sich nicht über die Bedeutung des Gesamtfaches, über die Grundsätze der Tätigkeit, über die innere Gruppierung der Spezialfächer und über den Inhalt jener noch besonders unterrichtet, die dem seinigen verwandt sind.

Eine Gruppe von Spezialfächern hat sich allerdings heute fast gänzlich vom gemeinsamen Stamme losgelöst. Sie wird als Ingenieurfach bezeichnet und beschäftigt sich mit jenen Bauwerken, welche zur Verbindung der weit über die Erde zerstreuten Menschen und zur Beseitigung der Hindernisse errichtet werden, welche die Natur der bequemen Bewegung auf der Erdoberfläche entgegensetzt. Die übrigen Gruppen von Spezialfächern werden dem Ingenieurwesen gegenüber als Hochbauwesen bezeichnet. Die Zwecke, denen die Werke des Hochbaues dienen, sind noch immer mannigfaltig genug; jeder einzelne erfordert, wenn ihm die Baukunst ernstlich dienen soll, so viel Studium, daß sich noch immer eine Reihe von einzelnen Spezialgebieten ergiebt, deren Betrachtung sich je zu einem Ganzen abrundet, und es wird deshalb der spezielle Teil dieses Buches eine Reihe von Abhandlungen bringen, die sich mit den einzelnen Gebäudegattungen beschäftigen und nachweisen, wie die Dispositionen bei jeder dieser Gebäudegattungen getroffen werden müssen, damit das Bauwerk seinen Zweck erfüllt, welche Materialien und Konstruktionsmethoden sich als die geeignetsten erwiesen haben, wie einzelne Elemente der allgemeinen Formensprache auf die allgemeine Disposition des Gebäudes anzuwenden sind.

V.

Eine große Reihe von Fragen würde jedoch in ganz ähnlicher Weise bei jeder solchen Einzelbetrachtung auftreten; manche löst sich mindestens in solch verwandter Weise bei allen, daß ihre Behandlung für alle gemeinsam erfolgen kann und daß ein allgemeiner Teil an die Spitze unseres Buches zu treten hat, der vieles umfaßt, was auch ganz gleichmäßig für jene Spezialfächer Geltung hat, die sich als Ingenieurwesen vom allgemeinen Stamme der Baukunst heute losgelöst haben, und was deshalb auch in einem „Handbuche der Ingenieurwissenschaft“ nicht fehlen dürfte. Die Trennung ist ja ohnehin nur aus praktischen Gründen erfolgt, weil jede spezielle Aufgabe so viele Modifikationen der allgemeinen Regeln mit sich bringt und immer nur gewisse von den vielen Gesetzen zur Anwendung kommen läßt, so daß der Baumeister sich mehr in seine Spezialität vertiefen kann, wenn er nicht den gesamten Umfang des Wissens sich aneignen muß, sondern nur jenen Teil, welcher zur Kenntnis seines Spezialfaches und zur praktischen Ausübung desselben erforderlich ist.

Als allgemeiner Teil, welcher der Untersuchung der Einzelaufgaben vorauszustellen ist, treten uns dieselben Betrachtungen entgegen, welche sich auch bei allen anderen Gebieten des greifbaren Schaffens zeigen. Wir haben zunächst die Materialienlehre ins Auge zu fassen, einesteils um als Grundlage die Stoffe kennen zu lernen, die uns überhaupt dienlich sind, anderenteils weil sie für die äußere Erscheinung, für das letztgesuchte unter den Zielen, die sich der Baumeister steckt, von hervorragendster Bedeutung sind. Sodann haben wir die statischen Verhältnisse zu beachten, als die Gesetze, nach denen die Verbindung der Teile unter sich, weil unter dem Gesetze der Schwere stehend, eine dauernde sein kann.

Dann haben wir die verschiedenen Arten zu zeigen, nach denen, auf die Natur der Materialien begründet, die Verbindung der einzelnen Materialstücke nach den Gesetzen der Statik zu einem dauerhaften Ganzen stattzufinden hat, endlich die Gesetze, nach denen die äußere Erscheinung in Bezug auf Form und Farbe zu bilden ist, auf rein theoretische Erwägungen gegründet zu suchen, sodann unter Beschränkung auf die wichtigsten geschichtlichen Epochen zu betrachten, welche dieser Theorien und in welcher Weise dieselben tatsächlich von den Baumeistern ihren Schöpfungen zu grunde gelegt wurden und wie oft mehr als die Theorie eine Tradition zu Rat gezogen wurde, die sich aus der Arbeit ergeben hatte.

Wenn es praktische Gründe sind, die einen Teil des Bauwesens von den übrigen Zweigen losgelöst haben, so ging dies deshalb ohne Schaden an, weil vor allem in der Konstruktion so viel Eigentümliches liegt, das sich aus dem Zwecke ergiebt, daß nur ein beschränkter Teil der allgemeinen Konstruktionslehre beim Ingenieurwesen zur Anwendung kommen kann, dagegen so viele Spezialkonstruktionen, die in anderen Fällen keine Berücksichtigung finden, sodann weil der Materialverbrauch durch viel gründlichere Berechnungen festgestellt werden muß, aber auch sicherer festgestellt werden kann als bei den komplizierteren Konstruktionen der meisten übrigen Zweige des Bauwesens. Es sind auch praktische Erwägungen, welche die Konstruktionslehre im gegenwärtigen Buche aus dem allgemeinen Teile hinausgedrängt und ihr eine besondere Stelle angewiesen haben, und zwar unmittelbar vor der speziellen Behandlung der verschiedenen Gebäudegattungen, weil so manche Konstruktionsfrage nur bei bestimmten Gebäudegattungen auftritt, so daß sich in der Tat auch für manche Gruppe derselben ebenso gut eine gesonderte Konstruktionslehre aufstellen ließe als für das Ingenieurwesen und die einzelnen Zweige desselben.

Dies kann jedoch nicht maßgebend sein für die Bedeutung der einzelnen Vorgänge, welche den Gedanken zum fertigen Werke führen sollen. Wenn daher der Verfasser dieser Zeilen in großen Zügen den Umfang anzudeuten hat, welcher Gegenstand der einzelnen Abhandlungen der gegenwärtigen Arbeit ist, so kann er doch nur den theoretischen Erwägungen folgen; er hat zu zeigen, wie sich aus den allgemeinen großen Gesetzen des menschlichen Schaffens die besonderen für die Baukunst ergeben.

VI.

Wir haben oben gesagt, daß die Baukunst sich bei jedem Werke, welchem materiellen Zwecke es auch diene, als Kunst im engeren Sinne zu bewähren habe, sowie daß Gesetzmäßigkeit auf dem weiten Gebiete der Kunst herrsche. Wir haben also diese Gesetze zu untersuchen, so weit sie sich auf das Gebiet der Baukunst beziehen. Noch einmal sei daher der Satz ausgesprochen und hier an die Spitze der Betrachtung gestellt, daß es Aufgabe der Kunst ist, den Menschen anzuregen, zu erheben und zu veredeln. Sie tut dies durch die äußere Erscheinung, welche sie ihren Werken gibt und welche man, wenn sie den genannten Zweck erfüllen, „schön" nennt. Dieselbe Erhebung finden wir aber auch durch Betrachtung der Natur, weil sie „schön", d. h. äußerlich vollkommen ist. Ihre „Schönheit", d. h. die Vollkommenheit ihrer äußeren Erscheinung beruht aber auf der vollendeten Harmonie zwischen derselben und der Aufgabe, sowie der Einrichtung des Ganzen und aller Einzelteile, sowohl nach der Form als nach der Farbe. Als unbedingtes Vorbild steht uns daher die Natur vor Augen, allerdings

auch als unerreichbares. Menſchlichem Schaffen wird es nie gelingen, das Ideal zu erreichen, und nie wird ein Kunſtwerk ſo abſolut ſchön ſein wie die Natur und deren Werke. Aber nur das Studium der Natur kann uns dem idealen Ziele ſo nahe bringen, als es eben möglich iſt. Das Studium der Natur wird ſich jedoch dabei nicht auf die äußere Erſcheinung ihrer Werke beſchränken dürfen; vielmehr werden wir nur Förderung durch die Betrachtung erhalten, welchen Weg die Natur eingeſchlagen hat, um ihren Erzeugniſſen die vollendete Schönheit zu geben, nach welchen Regeln ſie zu der abſoluten Harmonie gelangt iſt, auf welche die Schönheit ihrer Erzeugniſſe ſich gründet. Ihren Geſetzen analog müſſen wir auch die Geſetze unſeres Schaffens und Bildens aufſtellen; auf die Naturgeſetze müſſen ſich unſere Schönheitsregeln gründen.

So unendlich mannigfaltig die Natur ihre Geſchöpfe gebildet, ſo trägt doch jedes alle Bedingungen der Lebensfähigkeit in ſich und hat alle Organe, welche ihm das Leben unter den Verhältniſſen, für die es beſtimmt iſt, möglich machen, aber auch keines, welches dazu überflüſſig wäre. So iſt auch beim vollendeten idealen Kunſtwerke kein Teil zufällig vorhanden. Es hat alle jene Teile im großen und kleinen, welche dazu nötig ſind, die Aufgabe zu erfüllen, und alle ſind ſo geſtaltet, wie ſie zu ſolcher Erfüllung am meiſten geeignet ſind. Aber ebenſo wenig, wie das aus der Hand des unfehlbaren Schöpfers hervorgegangene Naturprodukt, hätte das wirklich vollkommene Kunſtwerk irgend einen Teil, der zwecklos, irgend eine Form, die nicht der inneren Bedeutung entſprechend wäre. Jedes Werk der Natur zeigt ſich als charakteriſtiſch, und ebenſo iſt „Charakter“ das erſte, was wir zu verlangen haben, wenn wir ein Werk als ſchön anerkennen ſollen.

Allerdings bedingt die vollſtändige Durchdringung von Zweck und Erſcheinung in der Natur das Zurücktreten des Individuums, und ebenſo ergeben ſich bei Bauwerken, die ihrem Zwecke möglichſt vollkommen entſprechen, ganze Reihen, bei denen die Individualität des einzelnen ähnlich zurückgedrängt iſt wie in der Natur, und wie dort nur ſo weit ſichtbar wird, als im einzelnen abweichende Exiſtenzbedingungen des Individuums dazu Veranlaſſung geben. Wenn wir das vollſtändige Entſprechen einer ganzen Reihe von Werken „Charakter“ nennen, ſo müſſen wir das Entſprechen eines Bauwerkes ſeiner individuellen Aufgabe als „Originalität“ bezeichnen, und wie in der Natur Hunderttauſende von Gattungen und Arten vorhanden ſind, deren jede ihre charakteriſtiſche, von allen anderen verſchiedene Form hat, ohne daß eine dieſelbe von der anderen entlehnt hätte, wie die Originalität des Einzelindividuums nur unter beſtimmten Bedingungen erſcheint, ſo auch in der Architektur. Jede Gebäudegattung wird einen anderen Charakter tragen und ſchön ſein, wenn der Charakter echt iſt, unſchön, wenn ſie ihre Erſcheinung einem anderen Werke entnimmt, das unter anderen Bedingungen ſich dieſe Erſcheinung gebildet hat. Aber auch die Originalität wird nur ſoweit auf Schönheit Anſpruch machen können, als ſie auf individuellen Bedingungen eines beſtimmten Gebäudes beruht. Nur weil Menſchentätigkeit nicht ſo unfehlbar iſt wie des Schöpfers ewig wirkende Kraft, finden wir mitunter mehrere uns entſprechend erſcheinende Löſungen einer abſolut gleichen Aufgabe, finden wir oft Originalitäten erträglich. Der wahre Künſtler aber wird nie Originalität ſuchen, ſondern nur ihr Geſtalt geben, wenn die Grundbedingungen dazu vorhanden ſind.

Der Charakter eines Bauwerkes oder ſeine originelle Erſcheinung hängt weſentlich von der Gruppierung der einzelnen Teile ab. Wie die Natur

alle einzelnen Organe eines Geschöpfes so aneinander fügt, daß jedes einzelne den Zweck erfüllen und die Wirkung hervorbringen kann, zu welcher es in den Gesamtorganismus eingefügt ist, und wie die Eigentümlichkeit des Gesamtorganismus eben in der Summe aller Einzelorgane liegt, so wird auch der Baumeister jeden einzelnen Teil seines Gebäudes so einzurichten haben, daß er der Einzelaufgabe entspricht, und die Einzelteile so aneinander fügen, daß die Gesamtdisposition dem Gesamtzwecke entspricht. Er wird so viele Einzelteile, jeden einzelnen von solcher Gestalt und Größe anordnen und dieselben so miteinander verbinden, daß der Gesamtzweck und der Einzelzweck jedes Bauteiles erfüllt werden. Diese Gruppierung wird aber auch den Gesamtzweck und die Einzelzwecke erkennen lassen und deshalb schön sein.

VII.

Eine Grundregel beobachtet dabei die Gestaltungskraft der Natur: es ist die Ordnung. Sie bildet nicht ihre Geschöpfe nach Zweck und Gestaltung so, daß die einzelnen Organe beliebig aneinander gefügt wären; sie ordnet dieselben so, daß ihren Körpern bestimmte gegenseitige Verhältnisse gegeben sind. In solcher Ordnung und im Aneinanderfügen nach harmonischen Maßverhältnissen wird sich auch der Baumeister überall da als Künstler zu bewähren haben, wo die Maßverhältnisse seiner Teile nicht mit absoluter Genauigkeit feststehen; er wird ein harmonisches Gleichgewicht der Massen herzustellen haben, ob nun sein Gefühl ihm die Zahlenverhältnisse diktiere, ob er aus den Erfahrungen anderer bestimmte Größenverhältnisse, die sich als harmonisch festgestellt haben, benutzte ob er durch geometrische Netze oder durch Berechnung sich harmonische Verhältnisse künstlich feststellte. Der Harmonie der Massen liegen ebenso bestimmte Zahlenverhältnisse zugrunde als der Harmonie auf anderen Gebieten. Dem echten Künstler aber wird das Gefühl dafür so lebendig innewohnen, daß er sich darauf sicherer verlassen kann als auf eine Rechnung, die er vielleicht fehlerhaft durchführt. Dem Schüler und Anfänger aber wird unter Umständen die Rechnung oder ein geometrisches Netz ein vortrefflicher Leitfaden sein, das künstlerische Gefühl zu schulen, und nicht jeder, der bereits in der Praxis steht, wird sein Gefühl genügend geschärft haben, um ähnliche Hilfsmittel verachten zu dürfen.

Die Ordnung bedingt aber nicht bloß richtiges gegenseitiges Zahlenverhältnis für sich und gegeneinander, sondern auch gesetzmäßige Gruppierungen. Sie werden sich entweder in bestimmtem Verhältnisse um einen Mittelpunkt reihen oder gleichmäßig beiderseits an eine oder mehrere Mittelachsen anschließen. Das große Gesetz der Symmetrie, welches durch die ganze Natur geht, ist auch ein Grundgesetz des künstlerischen Schaffens. Allerdings wirkt in der Natur selten ein Gesetz allein auf irgendeine Gestaltung ein, und so wird oft genug die Herrschaft der Symmetrie gebrochen durch Existenzbedingungen der Geschöpfe, durch Einwirkung äußerer Kräfte, welche nicht die gleichmäßige Entwickelung zulassen. So auch in der Baukunst: der Meister darf nie der Symmetrie die Zweckmäßigkeit opfern, und oft genug treten beschränkter Raum, beschränkte Mittel, Rücksichten auf klimatische Verhältnisse hemmend ein; das Kunstwerk muß sich beschränken; es kann nicht ausschließlich dem künstlerischen Gesetze folgen.

Und doch liegt ein eigener Reiz auch darin. Würde uns wohl die Landschaft gefallen, wenn jeder Baum streng symmetrisch aufgewachsen wäre wie das Ideal eines Orangenbaumes oder einer Kugelakazie? Wie uns gerade dadurch,

daß jeder Baum durch alle die verſchiedenen Kräfte, welche das einfache Geſetz des Wachstums durchkreuzen, eine individuelle Erſcheinung erhält, wie wir die Gruppierung der Teile zu einem lebensvollen Baume mit Intereſſe verfolgen, ſo auch intereſſiert uns der Stempel der Originalität, der durch ſolche äußere Verhältniſſe dem Bauwerke aufgedrückt wird, und die maleriſche Erſcheinung. Wenn aber erſt über das Bauwerk nach ſeiner Vollendung die Stürme der Zeit hingegangen ſind, wenn ſie an ihm gerüttelt und gebröckelt haben, wie Stürme die Äſte des Baumes knicken und einzelne zum Abſterben bringen; wenn ſich an das Bauwerk Moos und Flechten anſetzen; wenn ſich Staub und Spinnengewebe oder ſelbſt eine ganze Vegetation darauf gelagert hat — dann wächſt das Originelle der Erſcheinung, und die Bauwerke üben einzeln oder in Verbindung miteinander einen Zauber aus, der allerdings anderer Art iſt, den aber ſelbſt ein vollendetes Kunſtgebilde ebenſo wenig hervorbringen kann als ein vollkommen unbeeinflußt gewachſener, ſtreng gerader Baum. Aber dieſe maleriſche Erſcheinung des Baumes iſt nicht das Reſultat einer beſtimmten Abſicht der Natur; und wollten wir etwa an ihrer Stelle durch künſtliches Stutzen und Binden nachhelfen, ſo würden wir kaum etwas anderes erreichen als ein Zerrbild, niemals aber die freie Schönheit wilden Wuchſes. So haben auch ſolche Zufälligkeiten beim Bauwerke nur Berechtigung, wenn ſie unabſichtlich entſtehen. Das Geſetz der Natur weiſt auf die beſtimmteſte Strenge hin, die nur durch Einwirkung poſitiver Kräfte, alſo durch andere ſelbſtändige Naturkräfte aufgehoben werden kann. Ebenſo in der Kunſt, deren wahre Schönheit in der Geſetzmäßigkeit liegt. Ein Abweichen aus Laune bringt keine Originalität, ſondern nur ein Abweichen aus Bedürfnis. In der Architektur entſteht nur ein Zerrbild, wenn man künſtlich das herbeizuführen ſucht, was die Zeit durch ihre Zerſtörungen dem Bauwerke an Reiz verleiht, nur ein Zerrbild, wo man unnützer Weiſe und willkürlich das Geſetz der künſtleriſchen Geſtaltung, das Geſetz der Harmonie und Symmetrie verletzt. So wenig man ihm die Zweckmäßigkeit opfern darf, ſo wenig darf man es in ausgeſprochener, lediglich falſcher künſtleriſcher Rückſicht brechen; denn es iſt und bleibt Grundgeſetz aller künſtleriſchen Geſtaltung, wie es Grundgeſetz der Natur iſt.

VIII.

Der Baumeiſter braucht, um ſeine Gebilde zu verkörpern, Maſſen, die aus mannigfaltigen Materialien zuſammengeſetzt werden können, deren Eigenſchaften ganz verſchieden ſind. Hinſichtlich der Auswahl iſt wiederum die Natur die untrüglichſte Lehrmeiſterin. Aus hartem Geſtein hat ſie die Berge gebildet, aus elaſtiſchem Holze den ſchlanken Baum, welcher, dem Stoße des Sturmwindes nachgebend, ſich beugt und, wieder zurückgeſchnellt, ſtolz in urſprünglicher Form daſteht. Sie hat aus feſter Maſſe das Knochengerüſt der Tiere gebildet, elaſtiſche Sehnen dahin geſetzt, wo die Knochen ſich bewegen ſollen; aus weichem nachgiebigem Fleiſche hat ſie den umkleidenden Muskel gebildet, doch ſtramm genug, um Träger der Kraft zu ſein, welche das Geſchöpf über der Erde hin oder durch die Luft bewegt. So vollkommen zweckentſprechend wie die Natur kann der Baumeiſter ſein Material ſich nicht ſelbſt bilden; er iſt an Vorgefundenes gewieſen und kann es höchſtens etwas umgeſtalten. Allein er findet harte und widerſtandsfähige Körper genug, wo ſein Bauwerk ſchwere Laſten zu tragen hat; er findet leicht zu behandelnde, um Teile zu bilden, die bloß Träger eines reichen Formenſpieles ſind. Die Natur zeigt ihm ſelbſt, welche ihrer Geſteine verwittern, welche

er wählen kann, damit ſie die Jahrtauſende überdauern. Sie zeigt ihm durch natürliche Vorgänge, welchen Kräften dies oder jenes Material nicht widerſtehen kann. Das Holz wird vom Feuer verzehrt; Roſt und Erſchütterungen benehmen dem Eiſen ſeine ſprichwörtliche Feſtigkeit. Je nach den Angriffen alſo, welchen ein Bauwerk ausgeſetzt iſt, werden beſtimmte Materialien zu wählen, andere zu vermeiden ſein. Beſonders wichtig iſt aber bei der Auswahl des Materials auch die Rückſicht, wie ſich die einzelnen Stücke desſelben untereinander verbinden laſſen, und welche Kräfte in ihnen tätig wirken, wenn ein großes Ganze aus ihnen gebildet iſt. Nicht jede Verbindung derſelben, nicht jede Konſtruktion entſpricht ja in allen Fällen dem Zwecke des Bauwerkes. Wo lichte freie Räume nötig, wo wenig Unterſtützungspunkte geboten ſind, darf die Konſtruktion nicht aus Materialien hergeſtellt werden, welche viele und maſſige Stützpunkte verlangen. Nicht bloß das materielle Raumbedürfnis iſt indeſſen da maßgebend; auch der geiſtige Inhalt, welcher in der Aufgabe des Bauwerkes liegt, macht ſich geltend mit ſeinen Forderungen an maſſige Schwere oder luftige und leichte Geſtaltungen.

So wenig wir jedoch an dieſer Stelle nachweiſen können, in welcher Weiſe ſich für jede der vielen Einzelaufgaben der Charakter des Bauwerkes und damit die äußere Gruppierung der Maſſen aus derſelben entwickelt, und wie wir dies vielmehr anderen Abteilungen des gegenwärtigen „Handbuches“ überlaſſen müſſen, ſo können wir hier auch nicht im einzelnen nachweiſen, welche ſpeziellen Konſtruktionsmethoden ſich jeweils aus dem Charakter der Bauwerke ergaben, ohne zu weit in die ſpezielle Konſtruktionslehre hinüberzugreifen. Wir müſſen uns deshalb mit dem oben Angedeuteten begnügen und nur ganz allgemein den Satz aufſtellen, daß die Aufgabe der Konſtruktion darin beſteht, aus den Maſſen des mit Rückſicht auf den materiellen und idealen Zweck des Bauwerkes ausgewählten Materials die Baumaſſen zur Begrenzung des nötigen Raumes derart zuſammenzuſtellen, daß dem materiellen und idealen Zwecke Genüge geleiſtet wird, und daß dieſe Zwecke auch äußerlich möglichſt klar ausgeſprochen erſcheinen. Auch hier gerade gibt die Natur in ihrer unendlichen Mannigfaltigkeit das ſprechendſte Vorbild. Wie wunderbar und zweckmäßig konſtruiert ſie die Körper aus dem Knochengerüſte, den Sehnen, Muskeln und der umkleidenden Haut! Nirgends eine ſorgloſe Verbindung! Alles genügend ſtark, aber nirgends eine überflüſſige Maſſe.

Nirgends eine überflüſſige Maſſe? Scheinbar doch! Zum Leben, zum bloßen Leben könnte ein Geſchöpf ſehr einfach und leicht gebaut ſein; zur bloßen Fortbewegung brauchte manches nicht die Kräfte, die in ſeinen Muskeln ruhen. Des Körpers Laſt iſt nicht ſo groß, daß ſie die ganze Tragkraft des Knochengerüſtes in Anſpruch nähme. Je höher das Geſchöpf organiſiert iſt, um ſo mehr hat die Natur bei ihrer Konſtruktion die Anordnung kompliziert; um ſo mehr hat ſie überſchüſſige Maſſen in ihrer Konſtruktion verwendet, nicht nur, damit auch ihr Werk den Kräften widerſtehen könne, die von außen auf dasſelbe wirken, nicht nur damit nicht ſofort die geſamte Funktion geſtört werde, wenn irgend eines der Glieder geſchwächt wird, ſondern auch, weil eine höhere Aufgabe im Haushalte der Natur höhere Organiſation und dazu mehr Aufwand vorſchreibt. Aber ſolcher Aufwand iſt kein überflüſſiger.

Derart höher oder niedriger organiſierten Geſchöpfen gleichen nun die Bauwerke. Manches dient einem einzigen ganz einfachen Zwecke, andere einer großen Reihe in ſich recht verſchiedenartiger. Ein Bauwerk hat nur materielle Aufgaben zu erfüllen, ein anderes ideale. Die Raumausmeſſung und die Bau-

maſſen, durch welche ein Werk der erſteren Gattung gebildet iſt, werden ſich genau nach der notwendigen Bodenfläche zur Unterbringung, nach den benötigten Kubikmetern Luft zur Exiſtenz der ſich darin aufhaltenden Weſen berechnen. Die Baumaſſen werden eben genau ſo ſtark zu nehmen ſein, daß ſie den Angriffen widerſtehen können, die Konſtruktion ſo einfach, als die Natur der Materialien es zuläßt; das Bauwerk wird dadurch charakteriſtiſch werden und deshalb nicht minder ſchön ſein als ein Bauwerk, das einem idealen Zwecke dient und deshalb hochaufſtrebende Maſſen auftürmt, ſeinen Räumen eine Weite und Höhe gibt und dieſelben in einer Weiſe konſtruiert, daß der Geiſt des Beſchauers von Bewunderung hingeriſſen und auf ganz beſtimmte Gedanken hingelenkt wird. Bei derartigen Bauten ſind ſelbſt große Maſſen nicht überflüſſig, wenn das Bauwerk auch ohne ſie beſtehen könnte. Würden ſie aber angewandt, um den erſteren Zweck zu erfüllen, ſo würden ſie tatſächlich überflüſſig ſein, und was auch immer darauf geſchähe, es könnte das Bauwerk nicht ſchön machen, weil es ihm den Charakter der Einfachheit nicht geben könnte, der durch die Sache ſelbſt bedingt iſt.

IX.

Zur charakteriſtiſchen Schönheit gehört nicht bloß die richtige Gruppierung der Teile und die richtige Verwendung der Maſſen, ſowie die geeignete Konſtruktion, ſondern auch die entſprechende Form aller einzelner Teile und des ganzen Werkes. Die Maſſen des Baumaterials können nicht in der Geſtalt unverändert bleiben, in welcher der Zufall die einzelnen Stücke bei ihrer Gewinnung gebracht hat. Wenn ſchon die Verbindung der Einzelſtücke zur Konſtruktion es notwendig macht, daß ſie, ſoweit ſich Nachbarſtücke berühren, in eine gegenſeitig entſprechende Form gebracht werden, ſo bedingt es ebenfalls ſchon die äußere Zweckmäßigkeit, den Maſſen beſtimmte Formen zu geben, mehr aber noch die innere Notwendigkeit. Der Charakter des Bauwerkes wird größere oder geringere Feinheit und Mannigfaltigkeit derſelben beanſpruchen, und auch ſie müſſen wiederum zum Charakter beitragen; ſie müſſen im großen ganzen ausſprechen, welchen Zweck das ganze Bauwerk zu erfüllen hat; ſie müſſen im einzelnen ausſprechen, welchen Zweck jeder einzelne Teil in der Konſtruktion hat, welche Bedeutung er für die geiſtige Geſamtaufgabe des Baues hat. Dieſe Formengebung an die einzelnen Teile der Maſſen, welche in der Konſtruktion verbunden ſind, nennt man die Gliederung. Dieſe wird ſich bei bloßen Nützlichkeitsbauten auf das einfachſte beſchränken; ſie wird um ſo weiter gehen, je höher und idealer die Aufgabe iſt, und muß bei idealer Löſung der höchſten Aufgabe ſo weit gehen, daß die Konſtruktionsteile keine toten, d. h. zur künſtleriſchen Erſcheinung überflüſſigen mehr zeigen, ſondern in charakteriſtiſch gegliederte Teile aufgelöſt ſind, ſoweit nicht die Maſſen der Wirkung wegen unbelebt bleiben müſſen.

Der Geſamtcharakter des Baues wird nur ſekundär die Gliederung der Einzelteile beeinfluſſen. Dieſelbe hat vielmehr vor allem auch den Charakter der Einzelteile hervorzuheben, denen ſie Form gibt; ſie hat dem Auge klar zu machen, welche Eigenſchaften das Material hat, welcher Art demgemäß das einzelne Materialſtück in Anſpruch genommen iſt und in welcher Weiſe die ſämtlichen Stücke untereinander verbunden ſind, welche Dienſte demgemäß die Verbindung einer Reihe der Einzelſtücke zu einem Konſtruktionsteile der Geſamtkonſtruktion leiſtet. Die künſtleriſche Geſtaltung wird da, wo große Maſſen nötig ſind, um einer großen Kraft zu widerſtehen, dieſes Verhältnis dem Auge durch große, ſchwere,

massige Gliederung klar machen; sie wird durch leichte, zierliche Gliederung das bestehende Verhältnis da anzeigen, wo die Massen keinem äußeren Zwecke mehr dienen, wo sie keine tiefergehenden statischen oder mechanischen Dienste zu leisten haben, sondern mehr ästhetische Rücksichten ihr Vorhandensein verlangen.

Die Gliederung soll aber auch nicht bloß die Eigenschaften und Funktionen der einzelnen Konstruktionsteile hervorheben; sie soll dieselben auch für das Auge verbinden; sie soll die scheinbar widerstrebenden Elemente zu einem befriedigenden Ganzen vereinigen; sie soll das Ungleichartige vermitteln, das Gleichartige trennen.

Wir können das Sprachgesetz nahezu als ein Naturgesetz betrachten und finden daher auch hier die beim gesamten Aufbau des Systems künstlerischen Schaffens festgehaltene Analogie mit den Naturgesetzen als Norm für dasselbe wieder. Mußten wir jedoch für die Gesamtanordnung und Einteilung eines Bauwerkes Analogien auf einem Gebiete suchen, auf welchem subjektive Anschauungen keinen Einfluß haben, so daß allerdings die vollkommenste Erfassung der dem Künstler von außen gegebenen Aufgabe ihm gewissermaßen dieselbe vollkommene Schöpferkraft verleihen würde, wie sie der Natur innewohnt, während die ganze individuelle Einwirkung des Künstlers eben nur im Grade seiner Vollkommenheit liegt; mußten wir ähnlich für die Konstruktion des Bauwerkes selbst auf eine Tätigkeit hinweisen, die einem unerreichbaren Naturgesetze analog ist — so gibt die Durchbildung der Gliederung, weil sie eben eine Sprache ist, der subjektiven Tätigkeit mehr Raum. Man kann bei vollkommener Beherrschung einer Sprache einen und denselben Gedanken in der verschiedensten Weise ausdrücken; nur in der Ausdrucksweise wird eine größere oder geringere Feinheit und Harmonie liegen, welche eben dem Sinne des Vortragenden für Feinheit und Harmonie entsprechen. Ebenso bei der Formensprache. Hier entscheidet nur das Talent; hier ist kein Gebiet mehr, das eigentlich so groß ist, daß selbst der bedeutendste und klarste Kopf gegenüber den ewig waltenden, unfehlbaren Naturgesetzen seine Schwäche erkennen muß. Hier ist vielmehr ein solches, welches des Menschen Kraft ausfüllen kann, welches deshalb auch der Künstler beherrschen kann und muß.

Die Gliederung hat wie die Sprache ihre formale Seite, formale Elemente, welche einzelne bestimmte Begriffe ausdrücken, analog den Worten, und formelle Gesetze, wie die Sprache ihre Grammatik. Nach diesen Gesetzen verbinden sich die Grundelemente der Formensprache zu diesem wie zu jenem Satze, und wie der Dichter aus demselben Wortvorrate schöpft, ob er ernst oder heiter stimmen will, ob er den Geist in behagliche Ruhe wiegen, ob er ihn entflammen und zu großen Taten begeistern will; so ist auch hier der Künstler auf denselben Schatz an Formenelementen gewiesen, um seine Gedanken zu verkörpern, ob solche sich zu einem Werke von idyllischer Einfachheit, ob von majestätischer Größe verbinden sollen, und ein ähnliches Gesetz, wie das Sprachgesetz, wird ihn leiten, ob der Charakter der Aufgabe ihn zu einfacher Natürlichkeit veranlaßt oder ob die Kraft eines mächtigen Pathos die Begeisterung des Beschauers mehren soll. In solcher Weise hat ja auch die Aufgabe des Dichters Einfluß auf seine Sprache.

Ebensoweit nur werden Gesamtaufgabe und Gesamtgestaltung des Bauwerkes die Gliederung direkt beeinflussen. Sie bestimmen den größeren oder geringeren Grad des Reichtums, den Grad des mehr oder minder scharfen Sprechens, d. h. der Derbheit oder Feinheit, sowie den Maßstab, d. h., um bei unserem Vergleiche zu bleiben, die Größe der Schriftcharaktere, in welchen die Gedanken ausgedrückt

werden. Die Größe des Bauwerkes, welchem ſie entſprechen muß, beſtimmt auch die Größe für jeden Einzelteil. Die Frage, wie weit derſelbe vom Auge entfernt iſt, welchen Standpunkt das letztere gewinnen kann, um dieſen Teil zu betrachten, beeinflußt gleichfalls die Geſtaltung der Einzelteile.

Im übrigen entwickelt ſich die Formenſprache nach eigenen Geſetzen; denn nicht Zufall iſt es, noch ſubjektive Annahme, welche die Elemente feſtſtellt und denſelben ihre Bedeutung zuweiſt.

Die Formenſprache teilt mit der allgemeinen Umgangsſprache die hiſtoriſche Entwickelung. Das Bedürfnis ausdrucksvollerer Sprache hat ſich in der Architektur ebenſo nach und nach entwickelt wie im menſchlichen Umgange, und dem Bedürfniſſe iſt ſtets ſofort die Einführung neuer Formenelemente gefolgt. Wie ſich die Worte der Umgangsſprache im engſten Anſchluſſe an die Entſtehung der Begriffe ſelbſt bei jedem Volke entwickelt haben, ſo auch die Formen der Architekturelemente. Derſelbe Trieb, welcher den Menſchen veranlaßte, nicht irgendwelche, ſondern ganz beſtimmte Laute aneinander zu reihen, um für einen beſtimmten Begriff das richtige Wort zu bilden, hat auch die Formenelemente ſo ausgewählt, daß ſie den elementaren Begriffen wirklichen Ausdruck geben, zu deren Verkörperung ſie dienen. Die Grammatik dieſer Formenſprache wird, wie jeder andere Teil des Bauweſens, Gegenſtand einer beſonderen Abhandlung unſeres „Handbuches“ ſein. Wir können daher hier unſeren Satz ebenſowenig durch Beiſpiele belegen als alle vorhergehenden, ſo nahe auch gerade hier der Nachweis gelegt wäre, in welcher Weiſe ſich ſolche Formenelemente aus den Begriffen entwickeln, welche und wie viele ſolcher Elemente die Formenſprache enthält, wie ſich dieſelben gruppieren laſſen, und was ſich durch dieſe Gruppierung ausſprechen läßt.

Allerdings iſt die Zahl der Formenelemente keine ſo große als jene der Worte einer ausgebildeten Sprache, immerhin aber groß genug, um für den Ausdruck eines jeden Gedankens auszureichen, welcher überhaupt durch die Architektur verkörpert werden kann. Wie hat nun, um naturgemäß zu verfahren, die Baukunſt ihre Elemente zu geſtalten, welche Lehren kann ſie dafür der ſchöpferiſchen Tätigkeit der Natur entnehmen?

Sämtliche Kräfte, welche in einer Konſtruktion wirken, ſind ſtatiſche und mechaniſche; ihnen haben die Baumaſſen, welche zur Konſtruktion verbunden ſind, zu widerſtehen. Ihre Wirkung beruht auf Geſetzen, die ſich durch mathematiſche Formeln ausdrücken laſſen; deshalb können ihnen auch nur mathematiſche, d. h. geometriſche Formen Ausdruck geben. Die großen Baumaſſen ſowohl, als die Hauptkonſtruktionsteile haben daher ſtets geometriſche Grundformen zu erhalten. Auch die Hauptelemente der Einzelgliederung haben geometriſche Formen.

X.

Das Bauwerk ſoll jedoch nicht bloß die Wirkung ſtatiſcher und mechaniſcher Kräfte zum Ausdrucke bringen; es ſoll auch beſtimmte Gedanken anregen. Zu dieſem Zwecke erweitert ſich der Schatz der Formenſprache durch Elemente, welche, wie die Worte der Umgangsſprache, an das anknüpfen, was das Auge des Menſchen ſieht, Elemente, die nicht mehr der Konſtruktion dienen, ſondern nur dem idealen, im Bauwerke liegenden Gedanken, der den Charakter des Gebäudes in der Maſſenanordnung beſtimmt. die Wahl des Materials und der Konſtruktion geleitet hat. Die Ornamentik, unter welchem Namen die an die geo-

metrische Gliederung anschließenden, sprechenden Elemente bezeichnet werden, gehört gleich der Gliederung der Formensprache an. Ihre Anwendung jedoch läßt sich mit keinem Vorgange der Natur bei ihrer schöpferischen Tätigkeit in Parallele stellen; vielmehr liegt in ihr und ihrer Verwendung jener direkte Gegensatz zur Natur, welcher im menschlichen Schaffen ruht. Die Natur hat nie selbstbewußte Gedanken auszudrücken und bedarf in ihrer Formensprache deshalb keiner Elemente, welche solchen Ausdruck geben. Die Baukunst braucht solche.

Unser gesamter Gedankengang ist beeinflußt von der Natur und deren äußerer Erscheinung. Unser ganzes Denken ist nur darauf gerichtet, sie zu verstehen oder uns von ihr frei zu machen, und so müssen wir auch ihren Erscheinungen die Elemente entnehmen, um dem Gedanken im Anschluß an den konstruktiven Kern des Bauwerkes Ausdruck zu geben. Es ist das gesamte Pflanzenreich, das Tierreich und die Gestalt des Menschen selbst, denen wir die Elemente entnehmen. Es ist aber auch alles von der Menschenhand Geschaffene selbst, dessen Form wir als Schmuckwerk unserem Bauwerke mit seinen charakteristischen Grundformen anfügen. Die durch das Schmuckwerk ausgedrückten besonderen Gedanken müssen jedoch, um ihre Berechtigung zu haben, zum Grundgedanken des Werkes in Beziehung stehen. Es muß für sie eine innere Notwendigkeit vorhanden sein. Ohne solche darf das Ornament sich am Bauwerke nicht zeigen. Die Frage seines Vorhandenseins ist analog dem Vorhandensein der Blätter und Blüten des Baumes; wie diese notwendige Bestandteile zum Leben desselben sind, so müssen auch alle Ornamente notwendige Bestandteile des Gesamtwerkes sein. Der Charakter des Gebäudes, der geistige Zweck, dem es dienen soll, bestimmen, wo und wieviel davon vorhanden sein muß, und so wenig am vollendeten Kunstwerke eine Blume zu viel sein darf, ebensowenig darf eine notwendige fehlen. Aber eben der Zweck, zu welchem die Ornamentik angebracht wird, betrifft nicht das materielle Leben des Werkes, welches sich auf seinen festen Stand beschränkt, sondern das geistige. Geist hat die Natur keinem Geschöpfe mit Ausnahme des Menschen gegeben, und deshalb ist die Kunst, welche einen Teil des göttlichen Funkens im Menschen wiedergibt, echt menschlich.

Doch ist auch das Ornament nicht ganz von äußeren Bedingungen unabhängig. Die Größe der Einzelformen ist gleich jenen der Gliederung abhängig von der Größe des Bauwerkes und von der Stelle, welche es an demselben einnimmt. Es ist abhängig von dem Material, aus welchem es hergestellt wird. Schon die Rücksicht auf das letztere würde eine gewisse Umbildung der natürlichen Formen nötig machen. Das Blatt eines Ornaments am Bauwerke ist kein natürliches Blatt, welches der Wind bewegt; es ist aus Holz oder Stein gebildet; es läßt sich also nicht in der geringen Stärke herstellen, in welcher ein natürliches Blatt aus Zellengewebe sich darstellt. Aber auch ein solches natürliches Blatt zeigt so viel Zufälliges, weil das große Gesetz des Wachstumes, welches die absolute Gleichheit der Gestalt aller Blätter einer und derselben Pflanzengattung bedingen würde, in der Tat nie zur ausschließlichen Geltung gelangen kann, sondern durch tausende der verschiedenartigsten Einflüsse durchkreuzt wird, welche dem einzelnen Blatte so viel Zufälliges geben, daß es in seiner Zufälligkeit nicht immer dazu dienen kann, einen bestimmten Gedanken zu verkörpern. Wir müssen vielmehr die Form aufsuchen, welche es angenommen haben würde, wenn das Gesetz des Wachstumes zu ungestörter Geltung hätte gelangen können. Das Naturobjekt ist aber auch entweder ein Ganzes für sich oder Teil eines vollständig

anderen Ganzen, als es am Bauwerke wird. Diesen anderen Verhältnissen muß es Rechnung tragen. Es muß umgebildet — stilisiert werden, um als ein von der Architektur unzertrennliches Stück seine Aufgabe zu erfüllen. Der Grad der Stilisierung ist aber je nach der Aufgabe ein sehr verschiedener. Er kann soweit gehen, daß nicht einmal mehr ein bestimmtes in der Natur vorhandenes Geschöpf noch im Ornament sichtbar bleibt, sondern ein ideales Gebilde, welches nur eben noch annähernd dem Familienkreise angehört, den die Natur für verschiedene Reiche ihrer Geschöpfe aufgestellt hat.

XI.

Wir haben oben ausgesprochen, daß alles, was in die Erscheinung tritt, Form und Farbe hat. So also auch die Werke der Baukunst. Wir haben das Verhältnis von Form und Farbe zueinander verglichen mit der Sprache und der Musik. Wir haben von dem Eindrucke gesprochen, welchen nicht bloß die Form, sondern auch die Farbe irgendeines Gegenstandes auf das Gemüt macht. Wir haben deshalb auch in der Architektur die Farbe als eine ebenso wichtige Grundlage der künstlerischen Gestaltung anzusehen wie die Form, und die Harmonie der Farben ist ebenso wichtig als das Bildungsgesetz der Formen. Die Farbe hat ihre Bedeutung vorzugsweise für den geistigen Teil der Aufgabe eines Bauwerkes. Je weniger ideal diese Aufgabe, um so weniger wichtig die Farbe des Werkes: je idealer dasselbe, um so höher die Wichtigkeit der richtigen Wahl.

In ähnlichem Verhältnisse, wie die Musik den Eindruck der Dichtung auf das Gemüt wesentlich heben kann, kann auch die Färbung die Wirkung der Formen der Kunstwerke überhaupt und der Architektur im besondern vergrößern. Gewiß aber wird nicht jede Färbung das Bauwerk heben, sondern nur eben eine dem Charakter im ganzen entsprechende Färbung mit harmonischer Nüancierung der Einzeltöne. Die Zahl der einzelnen Farbtöne mit ihren feinen Übergängen ist ebenso verschiedenartig nach Stärke, Höhe und Tiefe wie bei der Musik, die ebenfalls nicht über mehr Klangfarben verfügt, als die Zahl der Farben ist, welche die Palette aufweisen kann. In ähnlichem Verhältnisse aber stehen harmonische Farben zueinander, wie harmonische Töne. Ähnlich sprechen sich die Gegensätze aus; ähnlich runden sich die Farben zu einem Gesamtwerke ab, wie aus einzelnen Klängen das Tongemälde entsteht.

Wir können ein Bauwerk, welches ausschließlich aus einem einzigen gleichfarbigen Material errichtet ist, mit dem gleichmäßig gesprochenen Vortrage einer Dichtung vergleichen, und wie dort die Stimme des Vortragenden zwar den Wert der Dichtung nicht beeinflussen wird, wohl aber den Eindruck, welchen dieselbe auf empfängliche Zuhörer macht, ebenso wird der Eindruck des einfarbigen Bauwerkes ganz wesentlich von der Farbe des Materials abhängen. In noch weit höherem Grade aber ist dies der Fall, wo verschiedenfarbige Materialien kombiniert werden, wo daher die Farbe von wesentlichstem Einfluß bei der Wahl des Materials ist. Auch die Wahl der Konstruktion wird durch die Farbe beeinflußt, weil ihr die Aufgabe zufällt, die Teile so anzuordnen, daß die Farben der verschiedenen Materialien in ein richtiges harmonisches Verhältnis zur Idee des Baues kommen. Auf die Gliederung hat die Farbe Einfluß, da die Schattenwirkung bei helleren Materialien eine stärkere ist als bei dunkleren, bei matteren Farben eine stärkere als bei grellen, so daß die Gliederung keineswegs für alle Farben der Materialien eine gleichmäßige sein kann, selbst vorausgesetzt, daß

außer der Farbe alle übrigen Eigenſchaften der Materialien vollkommen gleiche wären.

Wie aber die Urform des Materials mancher Bearbeitung bedarf, wie ſie erſt in eine Kunſtform gebracht werden muß, die architektoniſchen Ausdruckes fähig iſt, ſo genügt auch die natürliche Farbe nicht immer zur Darſtellung eines beſtimmten architektoniſchen Gedankens; es muß eine Färbung eintreten, in deren Wechſel bei einzelnen Konſtruktionsteilen ſich ebenſo eine Gliederung ergiebt wie durch die Mannigfaltigkeit der Formen. Man kann durch Färbung den Unterſchied von ſchwer und leicht, demgemäß von „tragend" und „getragen" entſchiedener betonen; man kann durch die Farbe mildern, wo die Form zu ſchroff erſcheint; man kann trennen, wo die Formen nicht genügend auseinander gehen; nie aber darf man den Eindruck aufheben, welchen die Form macht.

Das hauptſächlichſte Gebiet für die Farbe iſt das der Ornamentik, der Verzierung überhaupt. Die Farbe kann mit ihrer reichen Wirkung die Flächen beleben, ohne ſie als ſolche aufzuheben; ſie kann zugleich, allerdings nur mit Hilfe der Zeichnung, jeden Gedanken leicht ausſprechen, wenn ſie den Gegenſtand ihrer Verzierung aus dem weiteſten Gebiete der Erſcheinung und Phantaſie wählt.

In der Architektur kann aber die Farbe nie einen Erſatz für die Form bilden. Wenn die Architektur überhaupt nach denſelben Grundſätzen ſchaffen ſoll wie die Natur, ſoweit Menſchenkraft dies zu erfaſſen vermag, ſo würde der Erſatz der Formen durch Farbe ein Fehltritt ſein, weil die Natur keine Surrogate, keine Fälſchungen kennt. Wenn auch mit Hilfe der Zeichnung die Farbe durch Aneinanderreihen der unendlich vielen Nüancen, über welche ſie verfügt, den Schein erwecken kann, als ſeien Formen, von welchen das Licht in der mannigfaltigſten Weiſe zurückgeſtrahlt wird, dort vorhanden, ſo hat ſolcher Schein in der Architektur keine Berechtigung. Das Bauwerk iſt ein körperlich greifbares, gleich den Einzelwerken der Natur, und wenn uns das Licht auch eine Reihe von ſolchen natürlichen Werken, zu einem Bilde vereinigt, im Auge wiederſpiegelt und ſomit auf eine Fläche die ganze Wirkung von Form und Farbe perſpektiviſch projiziert, ſo iſt doch damit nur der Eindruck von vielen Einzelheiten auf unſer Auge wiedergegeben, nicht aber deren tatſächliches Ausſehen.

Wohl hat auch die Natur die wenigſten ihrer Geſchöpfe einfärbig ausgeſtattet; ſie verwendet den reichſten Farbenſchmuck in umfaſſendſter Weiſe. Aber ſie ſetzt Farbe neben Farbe nicht in der Abſicht, den Gegenſtand anders geformt erſcheinen zu laſſen, ſondern durch harmoniſche Wirkung der verſchiedenen Färbung das Auge zu erfreuen. In der Harmonie der verwendeten Farben aber iſt wiederum die Natur unſer unerreichbares Vorbild. Wer vom Reichtume der Farbe ſolch harmoniſche Anwendung zu machen verſtände wie die Natur beim Gefieder des Pfauen oder dem Staube der Schmetterlingsflügel, er wäre der größte Meiſter unter allen, welche je den Reiz eines Bauwerkes durch den Zauber der Farbenpracht gehoben haben!

Geſchichtlicher Teil.

XII.

Wir haben in vorſtehenden Betrachtungen verſucht, die geſamte Theorie der Geſtaltung des baukünſtleriſchen Schaffens zu unterſuchen und feſtzuſtellen. Wir

haben auf Vorführung aller Beifpiele verzichtet. Wir haben die Theorie aufgeftellt als ob noch nie ein Bauwerk errichtet wäre, als ob wir erft die Theorie aufzuftellen hätten, um durch diefelbe jedem Schaffenden einen Anhaltspunkt und Leitfaden zu gewähren. Wir finden aber die Erde bedeckt mit Baudenkmalen aller Art. Hat nun die aufgeftellte Theorie zuerft beftanden? find alle Werke nach den Grundfätzen errichtet, welche diefe Theorie uns vorfchreibt? würde diefe Theorie, auch wenn wir fie noch bis in die letzte Einzelheit erfchöpfend aufftellen wollten, einen jeden befähigen, an ihrer Hand jedes Bauwerk in vollendeter Weife zu geftalten? Gewiß nein! Würde es in der Tat auch nur möglich fein, eine Theorie der Architektur aufzuftellen, wenn nicht die Architektur bereits einen hohen Grad der Entwickelung erreicht hätte? Sicherlich nicht! Der Begriff entwickelte fich hier mit der Sache felbft, und erft, nachdem Taufende tätig waren, mit Aufwand an Verftand und Gefühl die Einzelfragen, die in jeder Aufgabe liegen, zu prüfen und zu beantworten, ihre Löfung aber durch die praktifche Betätigung anderen zu überliefern, konnte der Gedanke kommen, den geiftigen Schatz zu ordnen, welcher durch die praktifche Betätigung gefchaffen war; konnte daran gedacht werden, zu prüfen und zu vergleichen, wieviel Übereinftimmendes in den taufendfältigen praktifchen Antworten liege, welche die tätigen Baumeifter auf die Frage nach Zweck und Begriff der Architektur gegeben; endlich zu unterfuchen, wie auch durch Nachdenken, durch Weiterentwickeln eines Begriffes aus dem anderen fich eine Theorie der Baukunft feftftellen laffe, an deren Hand wiederum geprüft werden kann, wie weit die einzelnen Meifter ihre Aufgaben in jedem Einzelfall richtig gelöft haben. Zu folcher Prüfung dient zunächft auch die Theorie. Sie erfüllt vorzugsweife ihren Zweck in der Selbftprüfung. An der Hand der Theorie mag der bewährte Meifter, bevor er feine Gedanken verkörpert, deren Richtung prüfen; die Theorie mag dem Jünger den Weg zeigen, welchen er wandeln muß, fie mag ihn vor Abwegen bewahren; fie kann feine Phantafie regeln, ihn gewöhnen, neben Phantafie und Gefühl in allen Fragen auch den Verftand zu Rate zu ziehen, um als Künftler das Höchfte zu leiften. Zum Künftler kann ihn die Theorie nie machen; zum Künftler macht ihn das Talent allein. Zum Techniker macht ihn die Erfahrung. Die Erfahrung Anderer zu benutzen, mit ihr ausgerüftet die Praxis zu betreten, befähigt den Techniker die Lehre. Sie ift auch dem Künftler nötig; keiner würde ein großes Ziel erreichen, wenn er nicht die Werke anderer um fich fähe, wenn er nicht an ihnen lernte. Das Richtige aus ihnen zu lernen, befähigt ihn die Theorie. Volles Verftändnis für diefelbe wird deshalb aber auch nur der erhalten, bei welchem fie Körper gewinnt durch die Beifpiele, die er taufendfältig aufgerichtet fieht, und diejenigen, welche er felbft zu fchaffen und zu bilden die Fähigkeit in fich trägt und den Drang in fich fühlt. Die Theorie wird nur der wahre Künftler richtig erfaffen; nur er wird ihren Wert und ihre Bedeutung erkennen; nur in ihm wird fie lebendig werden können. Der Jünger, welcher zum wirklichen Künftler angelegt ift, wird durch die Ausbildung nur nach und nach in fich auch den Drang erwecken, die Theorie zu erkennen, wird fich durch Kunftbildung zur Erfaffung vorbereiten, bis er fie mit Bewußtfein in fich fühlt und von ihr geleitet wird, felbft wenn er nicht an fie denkt, weil fie in ihm lebendig geworden ift, wenn er Meifter geworden. Es vollzieht fich beim Einzelindividuum derfelbe Gang wie bei der gefamten Menfchheit: Sinn und Verftändnis für die Theorie entwickelt fich und wächft mit der Kunftübung.

Der Sinn für rationelle, auf die Theorie begründete Handhabung der Archi-

tekturformen ist allerdings nicht jedem Künstler in gleichem Grade eigen, wie er auch nicht in jedem Volke gleichhoch entwickelt war. Nur bei jenen Völkern konnte er sich vollständig ausbilden, wo der Sinn für Gesetzmäßigkeit alle geistigen Regungen beherrschte, wo er die Grundlage des sozialen, wie des Staatslebens bildete. Wir dürfen in der Tektonik, wie sich dieselbe theoretisch gesetzmäßig entwickeln läßt und wie sie auch da sich ausbildet, wo man nicht über den Zusammenhang der einzelnen Thesen gegrübelt hat, eine Analogie mit den grundlegenden Kräften der Natur um ihrer Gesetzmäßigkeit willen erblicken. Aber der Mensch unterwirft sich nicht allenthalben den Naturkräften; wo sie ihm hindernd in den Weg treten, lehnt er sich gegen dieselben auf und sucht ihre Wirksamkeit zu verringern, so auch oft genug bezüglich der rationellen Gestaltung der Architektur. Wie der Einzelne sich nicht allenthalben ihr fügt, so konnte auch der Entwickelungsgang der Architektur keineswegs bei allen Völkern, noch bei anderen zu allen Zeiten sich auf die oben aufgestellten Grundsätze stützen. Mit der wertvollen Erfahrung, welche sich von einem zum anderen forterbt, vererbten sich die Irrtümer, und die sich ausbildende Tradition ist naturgemäß eine ganz andere da, wo der Sinn für Ordnung und Gesetzmäßigkeit, als wo allein der Drang nach Abwechslung und ungezügelte Willkür denselben beherrschen. So zeigt uns auch ein Blick auf die Geschichte der Baukunst nicht bloß Verschiedenheiten der Formensprache in den verschiedenen Kulturepochen, sondern auch der Grundlage, worauf dieselbe beruht. Nicht immer ist es die rationelle Tektonik allein, welche tatsächlich die Grammatik der Formensprache festgestellt hat; selbst bei den am meisten gesetzmäßig organisierten Völkern ist die Auffassungskraft nicht so unfehlbar, daß die Art der Auffassung allenthalben die gleiche wäre; es zeigt sich im Gegenteile eine solche Mannigfaltigkeit, daß die Betrachtung der geschichtlichen Entwickelung der Baukunst für jeden Denkenden hochinteressant ist.

XIII.

Die Menschen, welche zuerst begannen, der Natur gegenüberzutreten, dieselbe sich dienstbar zu machen und gegen ihre Unbilden sich zu schützen, welche die erste Grundlage der Kultur legten, hatten der Architektur noch keine großen Aufgaben zu stellen, und es dauerte lange, bis die geistige Entwickelung soweit gediehen war, daß jene großartigen Monumentalbauten Bedürfnis wurden und entstehen konnten, welche die höchste Aufgabe der Architektur bilden. Auch ging diese Entwickelung keineswegs allenthalben gleichzeitig vor sich, und während die Geschichte uns manches Jahrtausend zurückschauen läßt, um bei einzelnen Völkern schon jene hohe Entwickelung der Kultur zu finden, welche der Architektur die großartigsten Aufgaben zu stellen hatte, finden wir andere selbst heute noch auf einer Stufe, welche zu monumentaler Betätigung nicht drängt. Meist allerdings geht mit dem Eintreten eines Volkes in die Geschichte auch die monumentale Betätigung Hand in Hand.

Unter den verschiedenen Bedingungen, von denen die Entwickelung der Kultur eines Volkes bis zu dieser hohen Stufe abhängig ist, ist eine der wichtigsten das Land und seine natürliche Beschaffenheit. So sehen wir als das erste Volk, welches die Geschichte uns auf einer hohen Stufe der Entwickelung zeigt, welches sich in großartigen Monumentalwerken betätigte, das eines von der Natur begünstigten, glücklichen Landes, der Nordostküste von Afrika, wo schon vor mehr als 4000 Jahren das merkwürdige Volk der Ägypter eine gesicherte staatliche Existenz

begründet hatte und das erste unter allen in Wissenschaft und Kunst eine solche Stufe erreicht hatte, daß es den Drang in sich trug, seine Gefühle und Gedanken in großartigen Werken zu verkörpern. Die Geschichte dieses Volkes reicht in die graueste Vorzeit hinauf, ohne daß wir verfolgen könnten, welche Vorstufen und in welchem Zeitraume es sie durchgemacht hat, um schon so früh auf jener Stufe zu stehen, auf welcher wir dasselbe sein Land mit den ältesten Monumentalbauten füllen sehen, die heute noch erhalten sind. Wenn wir die große Stabilität und den langsamen Entwickelungsgang bedenken, welchen das Volk in geschichtlicher Zeit genommen, so muß es außerordentlich lange Zeit gebraucht haben, bis es auf so hoher Stufe in die Geschichte eintreten konnte. Die Forschung hat in unseren Tagen auch auf Ägyptens Boden jene primitiven Steinwerkzeuge aufgedeckt, welche allenthalben Zeugnisse der ältesten Kulturtätigkeit des Menschen sind, ohne daß bis jetzt mit Sicherheit sich hätte nachweisen lassen, welche Zeit jedes Volk gebraucht hätte, um von dieser Stufe auf eine höhere zu gelangen. Wenn wir aber zum mindesten in Europa Anhaltspunkte dafür finden, daß die Entwickelung sich unter fremdem Einflusse vollzogen, so läßt sich für Ägypten kein Volk nachweisen, welches dort hätte auf die Urbewohner anregenden Einfluß ausüben können. Schon fast 3000 Jahre vor Chr. war *Menes* aus This im oberen Lande gekommen, hatte als Sitz seiner Herrschaft die Stadt Memphis erbaut, sie mit Tempeln und Palästen ausgestattet und großartige Wasserbauten errichtet, um das Land kulturfähig zu machen. Wenn auch keine Bauten mehr vorhanden sind, die als von ihm errichtet nachgewiesen werden könnten, so haben wir doch in den Pyramiden, welche, in der Nähe des alten Memphis aufgebaut, in das Niltal herabblicken, Werke, die nahezu in den Beginn des dritten Jahrtausends fallen und noch von der ersten Dynastie errichtet sind, welche Ägypten beherrschte. Die größten derselben gehören der vierten an und können als Werke der ersten Kulturblüte Ägyptens bezeichnet werden. Sie sind Grabdenkmäler der Könige, die gewaltigsten Grabstätten der Welt. Während andere Völker sich mit Hügeln begnügten, die aus Erde über den Leichen ihrer Angehörigen errichtet wurden, so haben die Ägypter jene gewaltigen Massen aus Steinen aufgebaut, denen die Zeit nichts anzuhaben vermochte, und die wohl noch unverändert ständen, hätte nicht die Menschenhand das Werk der Zerstörung betrieben. In ziemlich stumpfem Winkel, wenig mehr als 45 Grad, erhebt sich, teils aus Backsteinen, teils aus großen Quadern errichtet, die Baumasse auf quadratischer Basis, welche bei der größten Pyramide 250 m Länge hat, bis zu einer Höhe von 150 m. In ihrem Kerne sind nur kleine enge Grabkammern. Es zeigt sich zwar, daß diese großen Werke nach und nach entstanden; um eine kleinere Pyramide, welche als Kern diente, ist eine zweite und dritte Umhüllung gelegt; aber es mußte schon früh eine hochentwickelte Technik zu Gebote stehen, wie sie unbedingt nur in einem strenge geordneten Staatswesen sich ausbilden konnte, welches auch über große Menschenmassen verfügte, die infolge der Ordnung solchen Werken ihre Kräfte leihen konnten, während andere für den Unterhalt derselben arbeiteten, andere die Sicherheit gewährleisteten, andere denkend die Kultur vervollkommneten und auch die Massen der Arbeiter lenkten.

Heute finden wir die Pyramiden, etwa 40 an der Zahl, verschieden an Größe, auf einer Strecke von etwa 8 Meilen in Gruppen vereint, den Fuß vom Sand der Wüste bedeckt, welche sich hierher ausgedehnt, seit nicht mehr ein energisches Staatsleben, wie ehemals, durch Aufwand der Menschenkräfte jenen der Natur Halt gebot. Aber noch machen sie, wenn auch ihrer Bekleidung von glänzendem

Granit beraubt, wenn auch teilweise des Materials wegen zerstört, unter dem tiefblauen Himmel einen Eindruck, der fast mächtiger ist, als ihn Berge hervorzubringen vermöchten. In der Tat großartige Bauten sind es, welche die Schwelle der Architekturgeschichte bilden! Aber ihre Form ist die einfachste, urtümlichste. Mit den Pyramiden verbanden sich indessen ehedem noch mächtige andere Bauten, die bereits entwickelte Architekturformen haben und somit zeigen, daß die großartig einfache Gestalt der Pyramiden keineswegs einer Periode mangelnden Formensinnes entstammt, sondern daß dieselbe als Reminiszenz an Werke einer noch früheren Zeit sich erhalten hat. So erhebt sich noch jetzt das gewaltige Haupt einer kolossalen Sphinx bei den Pyramiden von Gizeh aus dem Wüstensande, welches auf fast 25 m Höhe und mehr als 40 m Länge der Figur schließen läßt. Auch andere Gräber, unscheinbar jenen Riesen gegenüber, wohl Privaten angehörig, schließen sich jenen gewaltigen Pyramiden an, und es gewinnt den Anschein, als ob nach großem Plan angelegte Totenstädte sich ursprünglich um diese großartigen Mittelpunkte gruppiert hätten. So bedeutend auch diese Kultur war, so vollzog sie sich doch nicht unbedingt gleichmäßig, und der Blüte unter den ersten Dynastien sehen wir eine abermalige erst unter der zwölften folgen, als nahezu ein Jahrtausend verflossen war. Aus ihr rühren die Felsgräber von Beni-Hassan her, die im Gegensatze zu den Pyramiden in den natürlichen Fels gehauene Kammern sind, vor deren Äußerem sich ein Säulenportikus in zwar urtümlichen, aber doch verständnisvoll gegliederten Formen erhebt.

Das großartige Staatswesen der Ägypter zeigte sich aber nicht mächtig genug, als der Wohlstand des Landes etwa 2000 Jahre vor Chr. Fremde gereizt. So hoch es seine Kultur erhoben, genügte seine Wehrkraft nicht, als asiatische Volksstämme, die Hyksos, in das Land einbrachen; dasselbe ward ihnen zur Beute; sie vernichteten mit der Unterjochung der Bevölkerung die alte Kultur; mindestens drängten sie dieselbe während ihrer mehrhundertjährigen Herrschaft in einzelne Gegenden zurück. Um 1600 vor Chr. unternahm unter der achtzehnten Dynastie das einheimische Volk die Befreiung des Landes von der Fremdherrschaft, stellte schon während dieser Kriege die alten Heiligtümer wieder her, erhob Theben in Oberägypten zum Sitze der Herrschaft und stattete dieses mit den glänzendsten Denkmälern aus. König auf König, Geschlecht auf Geschlecht wetteiferten in der Herstellung von Bauten, und schon nach 200 Jahren unter den letzten Königen der achtzehnten und den ersten der neunzehnten Dynastie hatte Ägypten nach siegreichen Kriegen, nach welchen es der damals bekannten Welt gebot, den Höhepunkt seines Glanzes erreicht, von dem uns heute noch Tempel, Königspaläste und Gräber Kunde geben, während großartige Wasserbauten, Teiche, Kanäle ebensowie Straßen uns zeigen, daß die Sorge auch für das materielle Wohl neben jener Pflege des Idealismus die damalige Zeit beschäftigte.

Die Formen der Architektur haben sich am Tempelbau entwickelt. Die Tempel sind in ihrer Anlage und Größe je nach der kultlichen Bedeutung verschieden. Charakteristisch für die Anlage ist ein Pylonenvorbau, d. h. zwei pyramidal aufsteigende, wenig tiefe Türme, zwischen denen sich eine gewaltige Türöffnung befindet. An denselben standen Masten mit Fahnen, die sie überragten; vor ihrer äußeren Front lehnten sich sitzende Kolossalfiguren; vor diesen standen schlanke Obelisken; Reihen von Löwen-, Widder- oder Sphinxgestalten bildeten den Zugang. Hinter den Pylonen erstreckte sich ein Vorhof, rings von einfachen oder doppelten Säulenhallen umgeben. Dann folgte das Heiligtum, aus mehreren ineinander gehenden, meist fensterlosen Räumen bestehend, deren Decken

teilweiſe von Säulen getragen ſind. Bei großartigen Tempelanlagen ſind mehrere Vorhöfe mit Pylonen aneinandergereiht; um das Sanktuarium liegen wieder Höfe, hinter denen abermals andere Sanktuarien ſich erheben. Die Säulen ſind aus mächtigen Steintrommeln aufgeſchichtet. Die Kapitelle, verſchiedenartig gebildet, haben teils die Form eines geſchloſſenen, teils eines offenen Blumenkelches. Mächtige Steinbalken liegen von Säule zu Säule auf niedrigen, vierſeitig prismatiſchen Aufſätzen; große Steinplatten bilden die Decke, zugleich außen die Plattform, zu der Treppen in die Höhe führen. Sämtliche Außenmauern verjüngen ſich nach oben; die Kanten ſind von Rundſtäben eingefaßt; eine große Hohlkehle bildet das Geſims. Die Steine, aus denen es hergeſtellt iſt und die auf den Deckplatten liegen, bilden eine Bruſtwehr für die obere Plattform. Alle Wände, die Fläche der Säulen, die Architrave und Geſimſe im Inneren und Äußeren ſind mit Malereien und bemalten Flachreliefs bedeckt, in denen teils die Lehren der Symbolik und Mythologie vorgetragen, teils die Geſchichte, teils das öffentliche, häusliche und gewerbliche Leben der Nation in reicher, ſtreng der Grundform ſich anſchließender Weiſe dargeſtellt ſind. Die Gemälde und Skulpturen ſowohl, als die Ornamentik, welche dieſelben verbindet, und die Hieroglyphenſchrift bilden eine ungemein lebendige Dekoration, welche zugleich dem Charakter der Fläche als ſolcher vorzüglich angepaßt iſt.

Das hervorragendſte Werk jener Blüteperiode, das Hauptheiligtum von Theben, iſt der Tempel, in deſſen Nähe ſich heute das Dorf Karnak angeſiedelt hat. Er hatte einen doppelten Pylonenbau. Vor demſelben erbauten nun König *Seti I.* und ſein Sohn, der große *Ramſes II.*, noch einen Säulenſaal von 100 m Breite und ungefähr 50 m Tiefe. Zwölf rieſige Säulen von 20 m Höhe und 3 m Durchmeſſer bilden einen erhöhten Mittelgang. Einundſechzig Säulen zu jeder Seite von 12 m Höhe tragen die Decke der niedriger angelegten Seitenteile des Saales, während das höher angelegte Mittelſchiff Oberfenſter hat. Die Balken, welche von Säule zu Säule liegen, haben eine Länge von 7 m, eine Breite von $1\frac{1}{3}$ m und eine Stärke von nahezu 2 m; je zwei bilden nebeneinander gelegt einen Architrav; die darüberliegenden, die Decke bildenden Platten haben $8\frac{1}{2}$ m Länge, über 1 m Breite und Stärke. Es ſind alſo gewaltige Steinblöcke hier auf beträchtliche Höhe gehoben. Wie klein erſcheint der einzelne Menſch dieſen Maſſen gegenüber! Vor dem Säulenſaale wurde ein Vorhof mit Säulenhallen zu beiden Seiten angelegt, während ein mittlerer offener Säulengang zum Eingange führte. Ein abermaliger Pylonenbau, zu dem eine doppelte Sphinxreihe führte, bildete den neuen Abſchluß. So hatte die ganze Tempelanlage eine Länge von 320 m.

Ähnlich disponiert, wenn auch in den Maßen teilweiſe demſelben weit nachſtehend, ſind ſämtliche Tempelanlagen, von deren hervorragendſten wir noch jenen bei dem heutigen Dorfe Luxor ſtehenden nennen, an welchem gleichfalls *Ramſes II.* einen neuen Vorhof mit Pylonenbau errichtete. In die Zeit desſelben Herrſchers fällt auch die Errichtung der aus dem Felſen gehauenen Grottentempel zu Nubien, insbeſondere der bekannten Felſentempel von Ibſambul, deren größerer vor ſeiner Front vier ſitzende Geſtalten von 19 m Höhe zeigt, welche alle vier Bildniſſe desſelben Herrſchers ſind, während deſſen Regierung nicht nur im weiten Reiche die großartigſten Denkmäler errichtet wurden, ſondern der auch allenthalben, wohin ihn ſeine Siegeszüge geführt, Denkzeichen aufgerichtet hat.

Ungefähr 500 Jahre noch dauerte des Reiches Macht; da erlag Ägypten den Äthiopiern, denen es früher ſchon ſeine Kultur mitgeteilt hatte, und welche nun

fast ein Jahrtausend die Herrschaft führten. Zwölf Fürsten traten nach deren Beendigung als selbständige Beherrscher der verschiedenen Provinzen auf, welche sich zu einem Bunde vereinigten und als Bundesheiligtum das viel gefeierte Labyrinth erbauten, das 12 bedeckte Höfe und 3000 Gemächer hatte. Einer der zwölf Herrscher, *Psammetich*, überwand im Jahre 670 vor Chr. die übrigen und stellte die Einheit des Reiches wieder her. Er verlegte die Residenz nach Saïs. Während der hundertjährigen Herrschaft der Psammetiche, der sechsundzwanzigsten Dynastie, hatte Ägypten eine neue, glänzende Zeit. Auch *Amasis*, der Begründer der siebenundzwanzigsten Dynastie, war bemüht, seine Regierung durch prächtige Denkmäler zu verherrlichen. Aber schon unter seinem Sohne *Psamenit* wurde im Jahre 525 Ägypten vom Perserkönige *Kambyses* erobert, der das Land durchzog, zerstörte und vernichtete, was sich an Denkmälern vernichten ließ. Er brach nicht nur Ägyptens Macht, er suchte seine Kultur zu zerstören. Doch, wenn auch gebrochen, widerstand sie, und des Siegers Nachfolger bezeichneten ihre Herrschaft über Ägypten gleich den äthiopischen Königen durch national-ägyptische Monumente. Die Selbständigkeit des Reiches war dahin. *Alexander der Große* verleibte Ägypten seinem Reiche ein. Seine Nachfolger, die Ptolemäer, griechische Fürsten, waren hellenischer Bildung untertan; unter ihnen erblühte Alexandrien zu einem Mittelpunkte; allein sie vergönnten gleich ihren Nachfolgern, den Römern, der ägyptischen Kultur ihre Existenz, und diese war mächtig genug, selbst unter der Weltherrschaft der Römer und über sie hinaus neben der klassischen Kunst, die, wie allenthalben, auch in Ägypten ihre Stätte fand, sich selbst treu zu bleiben und den Baudenkmälern den alten Charakter im wesentlichen zu erhalten, bis der Islam mit der klassischen auch die altnationale Kunst zerstörte. Dieser Spätzeit, in welcher mancherlei spielende Einzelformen fremde Einflüsse bekunden, gehören die Denkmäler zu Philä, Edfu, Esneh, Dendera u. a. an.

Was der ägyptischen Architektur noch in dieser Spätzeit das charakteristische Gepräge gibt, ist der Eindruck ruhiger, ernster, majestätischer Größe, der nicht ausschließlich von den Dimensionen abhängt. Es ist vor allem die Charakteristik der Gesamtformen und die innere geschlossene Harmonie der einfachen Linien, in denen der Ausdruck eines unerschütterlich festen, selbstbewußten, klar ordnenden Geistes sich ausspricht, der das Resultat einer altbewährten, lange mit Bewußtsein fortgeerbten Tradition mit demselben Bewußtsein aufnimmt und weiter zu überliefern bemüht ist. Es ist die Übereinstimmung mit der natürlichen Umgebung, dem reinen Himmel und den großen Linien der Landschaft, so daß die Wärme des Lichtes, das über Natur und Kunst sich ergießt, jene Bauwerke wie durchgeistigte Naturgebilde erscheinen läßt, größer als Naturgebilde, weil sie uns den Geist des Menschen in seiner ganzen Größe zeigen. Zwar ist jeder Teil, jede Sphinx, jeder Obelisk, jede Säulenhalle selbständig; aber sie wollen doch alle nur Teile des großen Ganzen sein. Es spricht sich der ganze Geist des ägyptischen Volkes darin aus, der auch im ägyptischen Staatsleben denselben großartigen Ausdruck gefunden. Kein Individuum war etwas anderes als ein Atom, ein bestimmter Teil eines mächtigen, gewaltigen Ganzen. Jedem war aufs genaueste und unabänderlichste seine Aufgabe im Organismus des Ganzen vorgezeichnet, als dessen Teil sich jeder fühlte, an dessen Größe jeder Anteil nahm. Und wie Stein auf Stein sich zu einer mächtigen Mauer fügte, die Jahrtausenden trotzte, so fügte sich, innerlich überzeugt, Mann an Mann, um die großen Zwecke des Staates zu erfüllen, sei es als Krieger, um das Reich zu erweitern, sei es als friedlicher Arbeiter, deren Tausende und Abertausende einem Geiste untergeordnet die

gewaltigen Monumente schufen, zur Zierde und zum Stolze des Ganzen. Der Geist der Nation strengster gesetzmäßiger Ordnung hat die Werke geschaffen, nicht die Despotie der Pharaonen, die keine Dauer hätte haben können, wäre sie nicht der Ausdruck des großartigen Sinnes für Gesetzmäßigkeit gewesen, der alle beherrschte, vom Könige bis selbst zu jenem verachteten Genossen der niedrigsten Kaste, welche noch wie alle anderen bestimmte Teile der Arbeit zu besorgen hatte, die zum Leben der Nation nötig war, deren Leitung in der Hand der höchsten Kaste lag, jener, die im Besitze der Intelligenz war und mit derselben den Staat wie die nationale Arbeit leitete.

XIV.

Die Bibel lehrt uns allerdings die Pharaonen und das ägyptische Volk als Tyrannen kennen, weil auch die Israeliten an den nationalen Denkmälern des Landes arbeiten sollten, dessen Glieder sie geworden waren, während sie tatsächlich doch so verschiedenen Geistes waren, daß der Sinn für monumentale Betätigung ihnen fernliegen mußte. Das Volk, welches, als es selbständig geworden war, ein Zelt zum Nationalheiligtum erhob, konnte doch keinen Sinn haben für die Verkörperung der Macht und Größe des Staates durch monumentale Werke, noch Freude daran finden, den Göttern, die es nicht als die seinigen anerkannte, großartige Tempel zu bauen. Indessen waren weder das israelitische Volk, noch die Staaten und Reiche stammverwandter Völker in der Lage, der Architektur entbehren zu können; vielmehr finden wir auch in Vorderasien eine hochentwickelte Kultur, welche der Baukunst großartige Aufgaben stellte. Die Grundlage dieser Kultur geht wohl gleich der ägyptischen bis in die graueste Vorzeit hinauf. Aber doch später erst entwickelte sich der Kunstbau in jenen Gegenden, und wohl sicher erst unter dem Einfluß der ägyptischen Bauten zu wirklich monumentaler Durchbildung, wenn auch frühe schon mächtige Bauunternehmungen gemeldet werden.

Das 10. Kapitel der Genesis führt den *Nimrod* als Urenkel des Patriarchen *Noah* an, „der fing an, ein gewaltiger Herr zu sein auf Erden“. „Und der Anfang seines Reiches war Babel“ im Lande Sinear. „Von dem Lande ist danach gekommen der *Assur* und baute Ninive und Rehoboth, Ir und Kalah, dazu Ressen zwischen Ninive und Kalah. Dies ist eine große Stadt“. Der biblische Bericht führt uns nach Mesopotamien, in die Ebene am Euphrat und Tigris, ein Land, ähnlich von der Natur begünstigt, ähnlich organisiert wie Ägypten, ein Land, das also ein Nomadenvolk, welches sich seßhaft machen und der Kultur zuwenden wollte, fesseln mußte. Freilich bot es nicht allenthalben jene gewaltigen Steinblöcke, aus denen die Ägypter ihre Denkmäler errichteten. Das 11. Kapitel der Genesis sagt daher: „Da sie nun zogen gegen Morgen, fanden sie ein ebenes Land im Lande Sinear und wohnten daselbst und sprachen untereinander: Wohlauf, lasset uns Ziegel streichen und brennen. Und nahmen Ziegel zu Stein und Ton zu Kalk und sprachen: Wohlauf, lasset uns eine Stadt und Turm bauen, deß Spitze bis an den Himmel reiche, daß wir uns einen Namen machen; denn wir werden vielleicht zerstreut in alle Länder.“

Die biblische Chronologie nimmt den Beginn des zweiten Jahrtausends als die Zeit *Nimrod*'s und der Gründung des chaldäischen Reiches an. Auch die griechische Tradition stimmt darin überein und nennt Ninive oder Ninus, ein Werk des gleichnamigen Königs, als die älteste Stadt, *Semiramis*, seine Witwe,

als Begründerin von Babylon und Erbauerin des Belustempels, der mächtigen Mauern und der Burg jener Stadt, der hängenden Gärten und anderer Werke, welche ***Herodot*** noch gesehen haben will, während er doch wohl zum mindesten nur spätere Erneuerungen sah. Es würde jedoch gewagt sein, von den Resten, die sich erhalten haben, irgend etwas in diese Frühzeit zu setzen und dem chaldäischen Reiche zuzuweisen. Wenn die Blütezeit des chaldäischen Reiches in die erste Hälfte des zweiten Jahrtausends fällt, so mögen etwa im Schlusse des dritten die Stämme, welche bis dahin nomadisierend durch das Land gezogen, sich zum Teile festgesetzt haben, vielleicht unter Vertreibung anderer von ihren Stätten, und die Einwanderung der Hyksos in Ägypten mag damit im Zusammenhange gestanden haben. Es ist für die Architekturgeschichte ohne Belang, zu untersuchen, wie weit die verschiedenen Völker und Stämme, welche uns die Geschichte in Vorderasien ansässig zeigt, stammverwandt waren; wir finden eine gemeinsame Kultur, welche allerdings, von Volk zu Volk sich übertragend, eine weit sichtbarere und raschere Entwickelung der Architekturformen zu stande brachte, als das stabile Ägypten.

Um dieselbe Zeit etwa, als die Chaldäer sich in Mesopotamien festsetzten, nahmen die Phöniker an der Küste des heutigen Syrien, bald darauf die Israeliten in Palästina Sitz. In allen Künsten erfahren, insbesondere in der Bearbeitung des Holzes, in der Goldschmiedekunst und im Erzguß, werden die Phöniker uns auch als die Werkleute der Israeliten vorgeführt, und wir erfahren, daß gegenüber dem monumentalen Ernst der ägyptischen Bauten eine phantastische Mannigfaltigkeit die Charakteristik der Bauten bildet, welche zum Teile von Holz mit Metallbekleidung ausgeführt sind. Wir lesen von Anwendung des Zedernholzes zu den Konstruktionen, von Getäfel aus Zypressen, von Teppichen als Behang der Wände oder Überkleidung der letzteren mit Goldblech, von ehernen Säulen und elfenbeinernen Bänken. Aber von all der Herrlichkeit phönikischer Tempel, wie vom Staatsheiligtume der Israeliten, das *Salomo* kurz vor dem Jahre 1000 erbaut, ist nichts übrig geblieben als mächtige Unterbauten aus sorgfältig gefügten Quadern die möglichenfalls selbst späterer Zeit angehören, ohne charakteristische Einzelformen, Reste jedoch, in welchen sich kaum mindere Energie ausspricht als in den Werken der Ägypter, deren gewaltige Bauten sicherlich die Anregung zu solcher monumentalen Betätigung in Asien gaben. Der in die Höhe strebende Aufbau, welchen diese Unterbauten trugen, blieb immer das Abbild des Zeltes, das bei der Wanderung der Stämme deren Heim gebildet hatte, und da es in wenig monumentaler Weise durchgeführt war, konnte uns davon nichts bleiben.

Größere Reste sind uns von den Werken erhalten, welche etwa um das Jahr 1000 vor Chr. und die nächsten Jahrhunderte die Assyrer errichtet. Die Bibel gibt uns durch den Mund des Propheten *Jonas* Mitteilungen über die großartigen Bauten Ninives, dessen Umfang drei Tagreisen gehabt und dessen Mauer nach griechischen Berichten 1500 Türme zählte. Man hat in neuerer Zeit die großen Trümmerhaufen durchforscht und Reste von Palastanlagen gefunden, deren Inschriften uns die Erbauungszeiten und die Namen der Herrscher, welche sie errichtet, nennen. Um mehrere Höfe gruppieren sich Hallen und kleinere Gemächer; Terrassenanlagen schließen sich ringsum an. Die Überdeckung der Räume geschah teilweise durch Tonnengewölbe, teilweise durch Kuppeln, wie die Reliefdarstellungen von Gebäuden uns erkennen lassen. Einzelne zeigen auch Lichtgalerien, durch welche wohl die mit einer Holzkonstruktion überdeckten größeren Räume unmittelbar unter der Decke beleuchtet wurden, während die

fchmalen und gewölbten Räume ihr Licht bloß durch die Türen oder durch Öffnungen im Gewölbe erhielten. Wir haben vielleicht anzunehmen, daß die Gebäude auf der Hauptterraffe nur ein Gefchoß zeigen, deffen einzelne Teile verfchieden hoch zu einer Gruppe fich vereinigten. Es mag mangelhafte Perfpektive der Reliefs fein, welche uns mehrgefchoffige Bauten zu zeigen fcheint. Solche treten uns allerdings in den Stufenpyramiden entgegen, welche als Tempel und Grab bei den Paläften fich erheben und für welche die Siebenzahl der Stockwerke charakteriftifch war.

Bemerkenswert der ägyptifchen Architektur gegenüber ift der Gewölbebau und die Verwendung des Halbkreisbogens für die Konftruktion der Portale. In der äußeren Ausftattung treten uns jedoch, ähnlich wie bei den Ägyptern, die umfaffende Verwendung der Farben, die Bemalung des Reliefs, die Bekleidung mit farbig glafierten Tonplättchen, fowie figurale und ornamentale Wandmalereien entgegen. Wie fich im Leben einzelne Elemente in Sitten und Gewohnheiten Jahrtaufende erhalten, alle Staatenbildungen überdauernd, wie dies insbefondere im weftlichen Afien der Fall ift, fo zeigen fich auch in der Baukunft, welche diefen Lebensgewohnheiten Ausdruck gibt, einzelne Elemente mächtig genug, die Jahrtaufende zu überdauern, zu allen Zeiten in der Baukunft wiederzukehren, weil fie einem im Klima des Landes wurzelnden Bedürfniffe Ausdruck geben, mächtig genug fogar, weil fie, vom Volksgeift aufgenommen, diefem zum Bedürfniffe geworden find, fich auch andere Gegenden zu erobern, wohin einzelne vom Stamme abgelöfte Völkerbruchftücke fich verbreitet oder wo Völker lebten, die ihre Kultur unter dem Einfluffe jener vorderafiatifchen entwickelten. So können wir den gefamten fpäteren Gewölbebau, insbefondere den Kuppelbau von diefen Werken der Affyrer ableiten, und heute noch fehen wir im Orient die terraffenförmig bedeckten Gebäude ohne Dach, deren Terraffe teils auf Gebälken, teils auf Tonnengewölben aufruht, die Verbindung mit Kuppeln, die Bekleidung mit bunten Tonplättchen, das bunt gemufterte Gewebe nachahmend, welches einft das Zelt des Nomaden bildete, daneben aber auch die umfaffende Anwendung hölzerner Bauten, die wir vor 3000 Jahren bei den Affyrern kennen lernen. An einer umfaffenden Verwendung des Holzbaues bei denfelben können wir um fo weniger zweifeln, als wir felbft in der fpäteren Entwickelungsphafe Formen in Stein ausgeführt finden, die ihren Urfprung der Natur des Holzes verdanken, und als die Gefchichte uns die Tatfache überliefert hat, daß die mächtigen Städte durch Feuer fo gründlich zerftört find.

Der bedeutendfte unter den affyrifchen Paläften ift der beim Dorfe Khorfabad aufgegrabene, welcher auf einer Plattform von mehr als 300 m Länge und Breite fteht. Eine große Freitreppe an der einen, eine Rampe an der anderen Seite führten zur Terraffe empor. 24 Paare koloffaler geflügelter Stiere mit Menfchenköpfen bilden Portale; Steinplatten mit Reliefſkulpturen bedecken die Wände. Vom Palafte aus gingen in der Höhe der Terraffe 24 m dicke, mit ihrer Krone die Terraffe fortfetzende, zinnengefäumte Mauern um die Stadt. Aus ihnen fprangen 64 Türme hervor, und 7 Tore gaben Einlaß, von denen 3 mit jenen geflügelten Stieren gefchmückt find, auf deren Köpfe fich Bogen ftützen, an deren Stirnfeiten farbig glafierte Tonplättchen prangen. Man will in den Ruinen von Nimrud, wo mehrere Paläfte gefunden wurden, das alte Kalah erkannt haben. Der Nordweftpalaft dafelbft ift durch Infchriften als das Werk des Königs *Affurnafirpal* (923—899 vor Chr.) bezeichnet, der Zentralpalaft von feinem Sohne *Salmanaffar V.* (899—870 vor Chr.) erbaut. Einen Palaft und eine dazu gehörige

Stadt baute *Sargon* (721—702); ſie trug ſeinen Namen Hiſir-Sargon. Sein Nachfolger *Sennacherib* (702—680) baute den gewaltigen Palaſt von Kujiundſchik, in welchem man nebſt dem großen Trümmerhügel bei Moſſul das alte Ninive erkannt haben will. *Aſſurbanipal* (668—660) erbaute den Südweſtpalaſt von Nimrud.

Das Schickſal der Zerſtörung ließ nicht lange auf ſich warten. Schon im Jahre 600 vor Chr. verbanden ſich die Bewohner Babylons, welches bis dahin unter aſſyriſcher Herrſchaft geſtanden und vergebens ſeine Unabhängigkeit zu erringen geſucht hatte, mit den Medern, ſtürzten das aſſyriſche Reich und zerſtörten Ninive ſo gründlich, daß man ſchon wenige Jahrhunderte danach den Ort nicht mehr kannte, an dem es geſtanden.

Babylon trat an ſeine Stelle, von *Nebucadnezar* erneuert, der die Mauern der Stadt neu baute, die der *Semiramis* zugeſchriebenen Gärten und den Belstempel, eine Stufenpyramide von etwa 200 m Baſis, ſich in 7 Abſätzen auf derſelben gewaltigen Terraſſe erhebend, die auch den Palaſt trug, errichtete. *Herodot* ſpricht von einer Breite von 50 und einer Höhe von 200 Ellen, der 12 Meilen langen hunderttorigen Mauer, welche in ihrem Inneren noch eine kleinere von 2¼ Meilen Umfang einſchloß, die zwei königliche Paläſte und einen regelmäßig mit rechtwinkelig ſich kreuzenden Straßen angelegten Stadtteil abſonderte, deſſen Häuſer 3 und 4 Stockwerke hatten. Aber auch Babylons Glanz dauerte nur ſehr kurze Zeit. Bald wurde es den Medern untertan; 536 eroberten es die Perſer unter *Cyrus*, deſſen Nachfolger die Mauern ſchleiften, den Belustempel zerſtörten, deſſen Wiederaufbau *Alexander der Große* vergebens verſuchte, ſo daß Babylon Ninives Schickſal bald teilte und verſchollen war.

Aber die Meder und nach ihnen die Perſer nahmen den Faden der Kultur auf und entwickelten auch die Baukunſt in ähnlichem Sinne weiter, ſo daß die perſiſche Architektur gleichfalls nur eine weitere Entwickelungsphaſe der vorderaſiatiſchen, von den Chaldäern begründeten Baukunſt iſt. Ihre Geſchichte beginnt mit *Cyrus* (559—529), von deſſen Burg zu Paſargadä noch die aus großen Quadern errichtete Terraſſe erhalten iſt, während von einem kleineren Palaſte noch eine Säule aufrecht ſteht. Auch ſein Grab, ein hausartiger, auf einem Terraſſenbau ſtehender Sarkophag, iſt noch erhalten. Eine Halle von 24 Säulen umgab nach dem Berichte griechiſcher Augenzeugen das Gebäude. Die wichtigſte Gruppe noch erhaltener Denkmalreſte iſt jene von Perſepolis, deſſen Königsburg *Alexander der Große* den Flammen überlieferte. Noch ſind große Terraſſenbauten erhalten. Eine Doppelrampe von Marmor, breit genug, daß zehn Reiter nebeneinander emporreiten können, führt zur erſten Terraſſe; auf derſelben ſtehen noch mächtige Pfeiler mit geflügelten, menſchenköpfigen Stieren, ſowie leichte Säulen von den Propyläen des *Xerxes*. Von ihr führt eine mächtige Treppenanlage zu einer höheren Terraſſe, auf der Säulenhallen und Wohnräume ſtanden.

Einen Anhaltspunkt zur Rekonſtruktion dieſer Bauten liefern uns die in den Felſen gemeißelten Grabfaſſaden aus der Nähe von Perſepolis, deren Architekturformen klar ausſprechen, daß ſie aus Holz oder Metall mußten errichtet geweſen ſein. Die ſchlanken Säulen erinnern uns lebhaft an die Zeltſtangen, und ihre Kapitelle zeigen in Stein nachgebildet die herabhängenden, teilweiſe ſich rollenden Spanſchnitzel, welche ehemals der Zimmermann von der hölzernen Zeltſtange mit dem Schnitzmeſſer losgetrennt hatte.

Perſien unterlag *Alexander dem Großen*. Die klaſſiſche Weltkultur trat auch hier neben die altheimiſche, welche teilweiſe deren Mutter war, und nach Untergang

der klassischen Kultur lieferte noch die altasiatische den Geist, aus welchem die glänzende Kultur, insbesondere die Baukunst des Islam, befruchtet wurde. Doch ehe wir jenen einige Worte widmen können, müssen wir eine dritte Kulturperiode in das Auge fassen, deren Denkmäler besonderes Interesse für uns haben.

XV.

Abermals fast ein Jahrtausend jünger als die Begründung der westasiatischen Kultur im chaldäischen Reiche scheint jene zu sein, welche sich über Europa ausbreitete. Naturgemäß war es der Südosten dieses Weltteiles, welcher, benachbart mit jenen Gebieten, auf denen sich in Afrika und Asien die mächtigen Kulturreiche gebildet, zuerst unter deren Einfluß sich die Kultur erschloß. Wann und woher die Völker gekommen, welche dort gesessen, wie weit ihre Stammesangehörigkeit ging, ist historisch nicht nachgewiesen; die poetische Tradition verlegt die ältesten Taten in die letzten Jahrhunderte des zweiten Jahrtausends vor Chr. Man bezeichnet sie, vielleicht ungenau, mit dem gemeinsamen Namen „Pelasger". Nicht zu einem großen Reiche geeint, setzten sie, in kleinen Gemeinwesen, je an einer geeigneten Stelle der Meeresküste oder auf einer Insel sitzend, ähnliche Staatsverhältnisse fort, wie wir sie unter den Patriarchen der Bibel vor der Festsetzung der Stämme in Asien kennen, wo aus je einer Familie und deren Gesinde ein Staat erwuchs. Die Sage weiß uns zwar zu erzählen, daß sie zu größeren Kriegsunternehmungen sich vereinigten; allein zu großartigen Bauunternehmungen, jenen ähnlich, wie sie Ägyptens Herrscher ausführten, konnte dieser Zustand keine Veranlassung geben. Soweit wir aus den poetischen Beschreibungen auf wirkliche Gebäude Rückschlüsse ziehen können, müssen sie schwache Abbilder der großen asiatischen Werke gewesen sein. Wenn uns *Homer* die Paläste des *Alkinoos*, des *Odysseus* und *Menelaos* beschreibt, so bedürfte es nicht des bestimmten Anspruches (Odyssee IV), daß *Menelaos* Asien und Ägypten durchwandert und dort die Schätze zur Ausstattung seines Palastes gesammelt. Wenn wir von der Erzbekleidung der Wände, von Gold, Elektron und Elfenbein lesen, so würde sich der Vergleich mit den Beschreibungen der Bauten *Salomo*'s von selbst ergeben.

Für den Grabkultus errichteten auch diese Völker in den jetzt sog. Schatzhäusern monumentale kuppelartige Bauten, und jene Mauern aus mächtigen Quadern, welche sie, so klein auch ihre Staaten waren, mit nicht gerade unbeträchtlichem Aufwande zum Schutze ihrer Städte errichteten, beweisen immer, daß sie von den Ägyptern und Asiaten den Sinn für großartige Bauunternehmungen aufgenommen hatten, sowie daß ihre Technik eine hochentwickelte war; so mächtig, wenn auch nicht ägyptischen Werken zu vergleichen, sind diese Befestigungen, daß spätere Geschlechter in den Mauern Werke von Riesen, nicht Bauten von Menschenhand, zu sehen vermeinten. In der Tat ist auch die Technik dieser kyklopischen Mauern eigentümlich genug, indem sie meist nicht aus horizontal gelagerten Quaderschichten, sondern aus vielseitigen, mit ihren Berührungsflächen sorgfältig aneinander gearbeiteten Prismen aufgebaut sind. Diese Werke werden an anderer Stelle dieses Buches eingehende Würdigung von technischer Seite finden, so daß wir uns hier mit diesen Andeutungen begnügen können.

Über die weitere Entwickelung dieser vorhistorischen Kunst auf griechischem Boden fehlen uns genügende Nachweise, wie entsprechende Denkmäler. In Kleinasien finden wir eine Reihe von Felsgräbern, welche den Übergang zu der klassisch-hellenischen Kunst vermitteln; in Italien zieht sich diese Kunst von der vor-

historischen Zeit weit in die geschichtliche hinein, wo sie herrschte bis zu der Zeit, als die griechische Kunst nach dem Untergange Griechenlands vom erobernden Rom aufgenommen wurde und durch Einführung mancher von der ältesten Zeit her in Italien heimisch gebliebenen Motive weitere Entwickelung zugeführt erhielt. Man bezeichnet jene Kunst, welche sich von der Heroenzeit her, fast das ganze erste Jahrtausend hindurch, in Italien lebendig erhielt, gemeinhin als etruskische, weil in Etrurien deren vorzüglichste Denkmäler sich finden. Daß sie nur ein Zweig der sog. pelasgischen ist, zeigen die ältesten Denkmäler, welche jenen vollständig gleich sind, die während der Heroenzeit in Griechenland errichtet wurden. Ihre Verwandtschaft mit der asiatischen Kunst ist augenfällig. Charakteristisch ist für die Baukunst die aus Asien herübergenommene Wölbung der Räume, wie die Verwendung des Bogens zur Überdeckung der Tore; charakteristisch die umfassende Verwendung von gebranntem Ton mit bunter Bemalung zur Bekleidung der Gebäude. Die sog. etruskische Kunst nahm ihre weitere Entwickelung gleichzeitig mit der griechischen. Wenn wir jedoch bei beiden, insbesondere im Tempelbau, gegenüber den Vorbildern, die sowohl Asien als Ägypten lieferten, manche Gemeinsamkeit in der Gesamtanlage finden, so zeigt doch die etruskische Kunst eine urtümlichere Durchbildung sowohl in konstruktiver, wie formaler Beziehung. Aber auch in Griechenland mögen den etruskischen verwandte Werke errichtet worden sein, bevor die hellenische Kunst jene Stufe der Ausbildung erreicht hatte, mit welcher wir sie mit den ältesten uns bekannten Werken auftreten sehen und welche die Zwischenglieder gebildet haben mögen zwischen den Werken der Heroenzeit und jenen späteren aus der Blütezeit des hellenischen Geistes.

XVI.

Die Griechen hatten die staatliche Selbständigkeit der einzelnen Städte aus der pelasgischen Heroenzeit in die der hellenischen Geistesblüte herübergenommen; aber wie schon in jener fühlten und pflegten sie das ideale Band geistiger Zusammengehörigkeit. Neben dem jonischen Stamme, welcher die Verbindung mit der asiatischen Kultur herstellte, waren es die Dorier, deren Einwanderung in Griechenland den Grund zur Entwickelung des selbständig hellenischen Geistes, damit der Kunst überhaupt und der Architektur insbesondere legte. Woher kamen sie? Weß Stammes waren sie? Waren sie gleich den Joniern einer der Stämme, welche man mit dem Gesamtnamen der „Pelasger“ bezeichnet hat? Wie weit waren sie mit den anderen verwandt? Haben ihre Krieger ebenfalls unter den Helden vor Troja gelegen? Als sie im Beginne des letzten Jahrtausends im eigentlichen Griechenland einwanderten, traten sie als ein selbständiges Element dem jonischen, dem Träger der pelasgischen Kultur gegenüber. Sie mögen auf niedrigerer Kulturstufe gestanden haben als diese; doch wirkten sie befruchtend auf die Entwickelung der Kunst ein. Dieselbe wurde wohl zunächst durch ihren Einfluß auf das rein ideale Gebiet verpflanzt. Durch ihren Einfluß hörte das Königtum der Pelasgerzeit auf, mit ihm die wichtigsten Aufgaben, welche in Asien der Baukunst gestellt waren, und der Götterkultus, dessen Träger sie waren, führte dahin, daß die Entwickelung der Baukunst sich auf dem Gebiete des Tempelbaues vollzog.

Die Religionsanschauungen der Griechen waren durchaus künstlerische; die Dichter waren es, welche die Götter ihnen vorführten, ohne andere Absicht als jene, durch die Fülle von Poesie, die in der griechischen Mythologie liegt, sie

anzuregen, ſie aus dem alltäglichen Leben hinweg auf ein ideales Gebiet zu führen. Der ſittliche Ernſt und die Strenge ihrer Moral waren gänzlich unabhängig von den religiöſen Anſchauungen, welch letztere ſomit faſt keinerlei praktiſche Bedeutung hatten. Ähnlich verhielt es ſich mit dem Tempel; er war den Griechen nicht eine Wohnung des Gottes, nicht ein Raum, in welchem eine große Verſammlung des Volkes ſtattfinden ſollte, nicht ein Raum, wo die Prieſter in großer Schar wohnten und ihres Amtes walteten: er war nur ein ideales Erinnerungsmal an die Gottheit, eine künſtleriſche Hülle um das Götterbild, eine Zierde und ein Schmuck der Stadt, ein gemeinſames, ideales Beſitztum Aller, das, aus zuſammengetragenen Beiſteuern Aller errichtet, ein gemeinſames Band und für jeden Einzelnen ein Gegenſtand des Stolzes, ſeiner Liebe zur Heimat feſtere Wurzel im Herzen gab, das ihm als ein Zeichen galt, daß der verehrte Gott, deſſen Bild das Heiligtum umſchloß, als Schutzgott der Stadt auch ihm wohlwollender Schützer ſei. Im Tempel des Schutzgottes war gewiſſermaßen die ideale Gemeinſchaft des Staatsweſens verkörpert, das zu verteidigen des Bürgers Pflicht war, das aber ohne äußerlichen Ausdruck nicht die Herzen hätte gefangen nehmen können. Im Tempelbau alſo war der Architektur durch eine ideale Aufgabe Gelegenheit zur Entwickelung gegeben. Die Tempelarchitektur iſt ſomit die eigentliche, aber auch die einzige Kunſtſprache, und wo wir ſonſt monumentale architektoniſche Tätigkeit geübt ſehen, ſind die Formen des Tempelbaues auf die andere Aufgabe übertragen.

Vielleicht liegen die Anfänge des helleniſchen Tempelbaues in der pelasgiſchen Kunſt. Jedenfalls hatte er feſte Geſtalt ſchon in der Frühzeit der doriſchen Herrſchaft gewonnen. *Pauſanias* erzählt, er habe als Reſte alter Tempel zu Olympia Holzbauten geſehen. Auf dem Markte der Stadt Elis ſah derſelbe einen tempelähnlichen Bau, deſſen Decke von Eichenſäulen getragen war und der als Grabdenkmal jenes Fürſten *Oxylos* galt, der die Dorier in den Peloponnes geführt hatte. Das Heiligtum des Poſeidon Hippio war aus Eichenſtämmen errichtet, und erſt Kaiſer ***Hadrian*** baute einen monumentalen Tempel darum. *Plinius* erwähnt einen uralten Junotempel zu Metapont in Unteritalien, deſſen Säulen aus Rebenholz beſtanden.

Aus dieſer Frühzeit hat ſich das Syſtem des griechiſchen Tempels, eine Cella, oder auch mehrere hintereinander liegende Räume unter einem gemeinſamen Dache, mit einer Säulenhalle an den beiden Giebelſeiten oder auch ringsum laufend, bis in die Spätzeit der klaſſiſchen Kultur als geheiligte Tradition gleichmäßig erhalten. In der formalen Ausbildung treten uns zwei Syſteme entgegen: das doriſche ernſter und wirkungsvoller, das joniſche anmutsvoller und leichter, beide aber zur höchſten Vollkommenheit in Bezug auf Formenharmonie durchgebildet. Es würde natürlich zu weit führen, wollten wir die Eigentümlichkeiten der beiden Formenkreiſe näher entwickeln; es wird denſelben ohnehin ein weſentlicher Teil des gegenwärtigen Geſamtwerkes gewidmet ſein. Wir müſſen jedoch darauf hinweiſen, daß die Formenentwickelung beider ſchon in den früheſten, dem VII. und VI. Jahrhundert vor Chr. angehörigen Werken nahezu ebenſoweit gediehen erſcheint als in jenen der eigentlichen Blütezeit, welche in den Schluß des V. Jahrhunderts fällt, und daß auch die ganze Weiterentwickelung der klaſſiſchen Kunſt mit dieſen heiligen Formen verhältnismäßig wenige Modifikationen vornahm.

Die Frage, ob die älteſten Tempel in der Tat aus Holz errichtet waren, dürfte nach den hiſtoriſchen Nachrichten ſicher zu bejahen ſein; jene, ob in der ausgebildeten Tempelarchitektur noch der Holzbau in ſeinen Reſten erkenntlich

ſcheine, iſt allerdings verſchieden beantwortet worden, und wenn der Verfaſſer dieſer „Einleitung“ ſie unbedingt bejahen möchte, ſo muß er ſich doch mit Andeutungen begnügen, da der Raum zu einer Beweisführung hier nicht gegeben iſt, die doch umſo notwendiger wäre, als gewichtige Autoritäten anderer Anſicht ſind. Für uns ſcheint noch immer der alte Holzbau durch den monumentalen Steinbau hindurch. Nicht in dem Sinne freilich, daß jede einzelne Form genau an der Stelle, wo ſie ſich befindet, ſowie ſie in der vollendeten, in aller Feinheit durchgebildeten Formenſprache ſich gibt, im rohen Holzbau vorhanden geweſen wäre, aber doch in dem Sinne, daß die dominierenden Teile ſchon am Holztempel in äußerlich ähnlicher Weiſe vorhanden und dort das Ergebnis der Konſtruktion geweſen waren. Vom Holzbau wurden ſie ebenſo als eine heilige Überlieferung in den Steinbau übertragen, wie die Geſamtform des Tempels ſelbſt als eine heilige Überlieferung durch alle Zeiten geht, ohne auch nur da zu einer komplizierten Baugruppe ſich äußerlich zu geſtalten, wo nicht mehr die einfache Cella von der Säulenhalle umgeben war, ſondern eine Reihe von Räumen verſchiedener Art und Bedeutung.

Wenn ſich auch im Tempelbau die ideale Baukunſt konzentrierte, ſo bot doch das Staatsweſen noch eine Reihe von Aufgaben, welche monumentaler Löſung bedurften, ſowohl Befeſtigungsmauern, als Hallen für den öffentlichen Verkehr, Denkmäler für ſiegreiche Wettkämpfer und vieles andere. Es war insbeſondere die Spätzeit, welche reizende Gebilde lieferte. Es war teilweiſe Aſien, wo das Königtum der alten Zeit ſich auch unter den griechiſchen Stämmen erhalten hatte und wohin *Alexander*'s Siege die griechiſche Kunſt getragen, teilweiſe ſelbſt Ägypten, wo großartige Bauten errichtet wurden. Wer hätte nicht vom Grabmale des Königs *Mauſolus* gehört, in welchen die altaſiatiſche Stufenpyramide in griechiſchen Formen durchgebildet war; wer nicht von Alexandriens Glanz und von ſo manchen anderen Werken in Griechenland und im Auslande! Wurde doch ſelbſt der Jehovatempel zu Jeruſalem kurz vor dem Auftreten *Chriſti* in griechiſchen Formen erneuert.

Manches konſtruktive Element, das aus der altaſiatiſchen Kunſt herübergekommen, aber im heiligen Tempelbau nicht verwendbar war, ſelbſt der Bogenbau und die Wölbung konnten ſich hier entfalten, und da die beiden ſtrengen heiligen Formenkreiſe der doriſchen und joniſchen Ordnung nicht ausreichten, ſo wurden in dieſer profanen Kunſt neue Elemente künſtleriſch ausgebildet und als dritte, als korinthiſche Ordnung in die Kunſtſprache eingeführt.

Wohl wurde die Selbſtändigkeit der Einzelſtaaten Griechenlands durch die Mazedonier aufgehoben; aber ſie hatten der griechiſchen Kunſt Aſien und Agypten erſchloſſen. Noch weitere Bahnen eröffnete ihr das weltbeherrſchende Rom, welches zwar Griechenland politiſch unterjocht, ſich ſelbſt aber der griechiſchen Kultur unterworfen hatte.

XVII.

Hatte Rom ſich früher ſchon griechiſcher Künſtler bedient, ſo war es doch die etruskiſche Kunſt, welche in Rom vorzugsweiſe geherrſcht hatte. Nachdem Griechenland römiſche Provinz geworden war, beherrſchte dieſes die Römer, und ihre Schriftſteller ſagen es uns, daß früher alles etruskiſch war, ſpäter aber alles griechiſch ſein ſollte. Die Römer ſelbſt hatten keinen Trieb, hatten vielleicht kein Talent, die Künſte in eigenem Geiſte zu pflegen. Nicht als ob nicht einzelne unter ihnen Künſtler geweſen! Aber dieſe gingen zu den Griechen in die Schule

und wollten als Künſtler Griechen ſein. *Virgilius*, der hervorragendſte Dichter der eigentlichen ſtaatlichen Blütezeit Roms, läßt in ſeiner Äneis, die ein in lateiniſcher Sprache geſchriebenes ſpätgriechiſches Gedicht genannt werden kann, *Anchiſes*, der Roms einſtige Größe kündet (Äneis VII, 848–854), ſagen:

„Andere mögen das ſchmelzende Erz in weicheren Formen
„Bilden, ich glaub's, und lebend'ge Gebärden dem Marmor enthauen,
„Beſſer mit Reden verfechten das Recht und die Bahnen des Himmels
„Zeichnen mit meſſendem Stab und der Sterne Aufgänge verkünden;
„Denk du, römiſches Volk, mit Macht der Völker zu walten,
„Da ſei du der Künſtler! Des Friedens Geſetze zu ordnen,
„Unterworfener zu ſchonen und niederzukämpfen die Trotzer."

Aber wenn auch nicht ſelbſt künſtleriſch ſchaffenden Geiſt in ſich tragend, wußte Rom die Künſte zu ſchützen und in umfaſſender Weiſe ſich ihrer zu bedienen und dadurch ihnen ſeinen Geiſt einzuhauchen. Rom ſtellte der Architektur neue und großartige Aufgaben und führte eine Anzahl neuer Motive in die griechiſche Baukunſt ein, insbeſondere als das weltbeherrſchende Rom in ſeinen Kaiſern wieder Herrſcher erhalten hatte, welche an Glanz alles übertreffen wollten, an Großartigkeit alle Anlagen hinter ſich laſſen wollten, welche die Herrſcher Afrikas und Aſiens vor ihnen errichtet.

Vor allem waren es die profanen Aufgaben, welche die Baukunſt Roms charakteriſieren, die gewaltigen Paläſte der Kaiſer einerſeits, denen auch der Wohnhausbau im allgemeinen auf dem Wege monumentaler Durchbildung folgte, die Foren, Baſiliken, die Bäder, die Theater und Amphitheater andererſeits, deren große Räume, teilweiſe mit Gewölben überdeckt, eine Entwickelung der konſtruktiven Elemente mit ſich brachten, die wiederum die geſamte Formenſprache umgeſtalten mußte. Zur weſentlichen Ausſtattung der Stadt gehörten die großen Bogen, welche teils als Triumphbogen zur Erinnerung an glänzende Siege aufgerichtet wurden, teils als Durchgangspunkte auf Märkten und Verkehrsplätzen errichtet und, weil ſie ihre Stirn nach beiden Seiten wandten, „Janus" genannt wurden, gehörten die mächtigen Säulen, an welchen ſich Reliefdarſtellungen hinaufwanden, um oben mit der Figur eines gefeierten Herrſchers als Spitze zu endigen. Den Erinnerungsmalen an die Lebendigen ſchloſſen ſich die in unmittelbarer Nähe des Lebens errichteten Grabdenkmäler der Toten an, vom beſcheidenſten Steine bis zu jenen großartigſten Kaiſermauſoleen, die, wie jenes des *Hadrian*, heute noch in ihren Reſten als Engelsburg bekannt, den ägyptiſchen Pyramiden und aſiatiſchen Stufenpyramiden an Großartigkeit kaum nachſtehen.

Dieſe neuen der Architektur gegebenen Aufgaben aber konnten ihre Löſung natürlich nicht mehr innerhalb des engen Formenkreiſes finden, den die Tempelbaukunſt im V. Jahrhundert vor Chr. feſtgeſtellt hatte. Nur die Tempelarchitektur konnte zunächſt noch mit dem Schema auskommen, das ſich ausgebildet hatte, beſonders da die ſogenannte korinthiſche Ordnung Reichtum und Zierlichkeit mit impoſanter Größe zu verbinden wußte. Allerdings konnte in ſpäteren Jahrhunderten auch ſie ſich dem Einfluſſe der neuen Motive nicht mehr entziehen. Bei Profanbauten dagegen mußte insbeſondere der Gewölbebau, auch äußerlich als Bogenbau ſichtbar werdend, eine umfaſſende Anwendung finden.

Schon in der letzten Zeit der Republik, als die großen luxuriöſen Bauten aufgerichtet werden ſollten, bei denen Stockwerk auf Stockwerk ſich türmte, bei denen nicht mehr die einfache Grundgeſtalt eines oblongen Baues, nicht mehr die

Größenverhältnisse selbst der größten griechischen Tempel in Anwendung kommen konnten, als auch nicht mehr das zu jeder Feinheit der Form einladende Material Verwendung fand, als nicht mehr ausschließlich die Säulenhalle den Charakter des Bauwerkes bestimmte, sondern gewaltige Mauermassen, denen aber durch Formenfülle Leben gegeben werden sollte, wurde es nötig, große Pfeiler, aus verhältnismäßig kleinen Quadern geschichtet, durch Bogen zu verbinden. Um sie zu gliedern und zu beleben, wurde sodann das Architektursystem der Säulen und Gebälke als Verkleidung daran angelegt. Natürlich hatten die Säulen das Gebälke nicht mehr zu tragen; es ruhte vielmehr auf der Mauer, so daß die Interkolumnien dem Pfeilersystem leicht angepaßt werden konnten. Sie wurden demgemäß viel weiter als in der griechischen Tempelarchitektur, selbst weiter als die etruskischen Verhältnisse dies gestattet hatten, der Achsenweite der mehrgeschossigen Gebäude angepaßt. Die Detailformen, mehr auf Effekt berechnet, verloren die griechische Feinheit; die feine und energische Linie des dorischen Echinus konnte ihre Wirkung nicht mehr hervorbringen; da die starke Verjüngung der Säulen mit den lotrechten Linien der Pfeiler in zu grellem Kontraste stand, da das Fußlose derselben bei mehrstöckigem Aufbaue nicht mehr die Wirkung energischer Kraft machen konnte, so wurde die dorische Ordnung in einem Sinne umgestaltet, der sie der etruskischen oder toskanischen nahe brachte. In den höheren Stockwerken waren Brüstungen zwischen den Pfeilern und Bogen nötig. Diese einerseits, sowie die Absicht andererseits, die bekleidenden Architekturformen möglichst leicht, also die Säulen möglichst dünn, das Gebälk möglichst wenig hoch zu machen, gaben Veranlassung, der Säule nicht die ganze Stockwerkshöhe zu geben, sondern in der Höhe der Brüstung einen viereckigen Untersatz (Stylobat) unter dieselbe zu schieben. In solcher Gestaltung bauen sich sodann die Stockwerke aufeinander, das unterste durch die modifizierte dorische, das folgende durch die jonische und das oberste durch die korinthische Ordnung dekoriert. Man bezeichnet gewöhnlich dieses System als römisch und stellt es dem griechischen gegenüber; mit Recht, da ja nicht mehr die Griechen das beherrschende Volk waren, sondern die Römer, da ja nicht der Mittelpunkt Griechenlands, sondern das die Welt beherrschende Rom sich mit diesen Denkmälern schmückte; mit Unrecht, weil denn doch griechische Meister und griechischer Geist den Römern jene Werke errichteten und weil alle Abweichung nicht in abweichendem Formensinne, sondern in den Eigentümlichkeiten der Aufgaben begründet ist. Wir sehen nicht die Verbindung etruskischer und griechischer Architektur zu einer spezifisch-römischen; wir sehen nur eine weitere Phase der Entwickelung der spezifisch-griechischen, oder wenn wir uns anders ausdrücken wollen, der klassischen Kunst darin. Die Einflüsse der etruskischen sind gewiß nicht zu leugnen; es waren aber doch nicht sie, die umgestaltend wirken konnten, sondern die Aufgaben, und die etruskische Kunst selbst war ja in ihrer Entwickelung von der griechischen nicht unbeeinflußt geblieben. Die griechische Kunst selbst hatte ja noch, als sie nicht mehr ausschließlich eine heilige war, als auch profane Aufgaben monumental gelöst werden sollten, die im kunstlosen Profanbau sicher stets geübten asiatischen Konstruktionsweisen in der eigenen Heimat in ihr System aufgenommen.

Aber ein neues Moment trat hinzu, um scheinbar den griechischen Charakter der Baukunst des römischen Reiches aufzuheben. Nicht Rom allein, nicht Italien allein, das sich mit glänzenden Städten bedeckte, sollte neben Griechenlands Boden Prachtbauten erhalten; bis in die fernsten Provinzen, wohin Roms Herrschaft gedrungen, sollten neben den großartigen Nützlichkeitsbauten auch Luxusbauten er-

richtet werden, um den dort wohnenden Römern das Leben angenehm zu machen und die Eingeborenen römifcher Kultur zuzuwenden. Je mehr nun, wie dies in Italien und in den griechifchen und afiatifchen Provinzen der Fall war, griechifche Künftler zu Gebote ftanden, umfomehr näherte fich die Formenbildung auch im Einzelnen den griechifchen Werken der älteren Zeit. Wo aber außer den Legionen, die dort die Herrfchaft behaupten mußten, keine anderen Werkleute zur Verfügung ftanden als ungefchulte, den Monumentalbau nicht kennende einheimifche Barbaren, wenn dort Bauwerke errichtet wurden, die nicht nur zur Verteidigung der Kolonien dienten, fondern auch der Prunkliebe Roms Ausdruck geben follten, fo mußte dabei oft auf griechifche Feinheit verzichtet und nur in den Hauptlinien das römifche Syftem kopiert werden. Wo noch ungenügendes Material hinzukam, da ftehen allerdings folche Werke der griechifchen Kunft des Perikleifchen Zeitalters wie Erzeugniffe eines anderen Geiftes gegenüber.

Auch die Glanzzeit der Stadt felbft mußte vorübergehen. Der Glanz und die vielen Elemente, welche durch die Weltherrfchaft an Rom gekettet wurden, mußten zu feinem Sinken beitragen. Je mehr aber diefes fank, umfomehr gewann der Orient an Bedeutung. In Afien entftanden Bauten von vorher ungeahnter Großartigkeit, deren Formenkreife unter dem Einfluffe altheimifcher Traditionen in das Phantaftifche und Regellofe ausarteten und die klaffifche Reinheit der altgriechifchen Formenwelt gänzlich verleugneten. Als die antik-heidnifche Kultur in den letzten Zügen lag, Laune noch das einzige Gefetz war, da konnte auch die Baukunft nur noch in Willkürlichkeiten fich die Gunft des Publikums erhalten, wie jene merkwürdige Bauten zu Petra in Arabien zeigen. Ganz willkürlich ftehen Pilafter und Säulen da; Gebäudeteile erfcheinen auseinandergeriffen, da nur die Anfänge von Giebeln u. dergl. vorhanden find und runde Turmbauten zwifchen diefelben gefchoben erfcheinen. Die Kapitelle verlieren ihre klaffifche Form. Es find nur Klötze, an denen Vorfprünge annähernd die Kapitellform nachbilden. Die forgfältige Technik, welche in den erften drei Jahrhunderten des Kaiferreiches fich allenthalben bewährt hatte, ließ in fpäterer Zeit gleichfalls nach; man benutzte felbft ungleichmäßige Bruchftücke älterer Gebäude, um neue eilfertig aufzuführen. Als *Conftantin* die Refidenz aus der alten Hauptftadt nach Byzanz verlegte, war für Rom die Zeit der profanen Prachtbauten vorüber.

XVIII.

Eine neue großartige Aufgabe erwuchs aber der Baukunft in diefer Spätzeit des römifchen Reiches, als *Conftantin* das Chriftentum als Staatsreligion anerkannt hatte, das bis dahin verborgen, öfter verfolgt, feinen Kultus in unterirdifchen Räumen gefeiert hatte. Wenn auch mitunter lange geduldet, hatte es nie die Mittel zur Entfaltung eines Pompes, zur Errichtung größerer Gebäude gehabt. Man hatte fich in den Häufern wohlhabender Gemeindemitglieder, nur ausnahmsweife in eigens dazu errichteten Gebäuden, verfammelt. Diefe mögen fchon damals den Bafiliken ihre Geftalt entlehnt haben. Es find wohl Refte einzelner Gebäude erhalten, welche man als chriftliche Kirchenbauten aus der Zeit vor *Conftantin* anzufehen geneigt ift, die jedoch zu unbedeutend find, als daß ihnen eine befondere Charakteriftik eigen wäre. In den Katakomben find einzelne Teile aus der Zeit vor *Conftantin* nachweisbar; aber fie zeigen nichts, woraus fich entnehmen ließe, daß die Chriften auch nur verfucht hätten, eine eigentümliche Kunft oder eine befondere Bauweife für fich auszubilden. So konnte auch

diese Absicht nicht hervortreten, als die Mächtigen der Erde das Christentum angenommen hatten. Die neue Aufgabe, welche der Baukunst erwachsen, wurde auf die gleiche Weise und im selben Geiste zu lösen versucht, in welchem man bis dahin alle übrigen gelöst hatte. Allerdings war es keine Blütezeit der Kunst mehr, der diese Lösung zufiel. Es war eine Zeit des Niederganges und des Verfalles, welcher selbst durch einige großartige Kirchenbauten nicht verhindert, kaum hinausgeschoben werden konnte. Zwar äußerte sich dieser Niedergang zunächst auf dem formalen Gebiete; der Sinn für feine Architekturformen, für harmonische Gliederung und Ausstattung sank wie bis dahin so auch ferner; allein die neue Aufgabe, für welche man nicht bloß eine einzige, sondern gleichzeitig mehrere Lösungen suchte und fand, gab in konstruktiver Beziehung so viele Anregung, daß daraus gerade in Verbindung mit der Vernachlässigung des Formalen eigenartige Werke entstanden.

Das Heiligtum sollte jetzt zugleich das Haus Gottes und der Versammlungsraum der gesamten Gemeinde sein und der Altar auf der Grabstätte eines Märtyrers errichtet werden. In der Gemeindekirche sollte kein Glied derselben seine Grabstätte finden; aber man stellte Altare in den Gebäuden auf, welche, altheidnischen Grabbauten ähnlich, über den Gräbern der Vornehmen errichtet wurden, und so ward das Grabmal zur Kirche. Während die Basilika des heidnischen Rom zeigte, in welcher Weise großartige Versammlungsräume sich konstruieren lassen und wie somit dieselbe, auch wenn nicht der neuen Gebäudegattung derselbe Name zugeteilt worden wäre, in konstruktiver Beziehung Anhaltspunkte für Herstellung des größten Raumes, des Schiffes, hätte bieten müssen, so bot das antike Grab in seiner runden, polygonen oder sonst zentralen Anlage und seinem kuppelförmigen Aufbaue das Motiv für die zweite Art der Kirchengebäude, welche zentral angelegt auch sofort monumental gewölbt wurden, während die Basilika durch eine hölzerne Balkendecke überspannt war.

Nur nach und nach konnte das Christentum durch seine Morallehre umgestaltend auf alle gesellschaftlichen und staatlichen Verhältnisse einwirken. Deshalb lag auch keine Veranlassung vor, sofort auch die übrigen Aufgaben zu verändern, welche die Architektur bis dahin zu lösen hatte, und diese ging ihren Weg gleichmäßig abwärts, weil das nun herrschende Christentum, indem es allenthalben auf den Kern losging, auf die Hebung der formalen Seite der Baukunst nicht hinlenken konnte, während seinen konstruktiven Bedürfnissen ohnehin Genüge geleistet war. Dem Verlegen der Residenz von Rom weg nach Konstantinopel folgte der Einbruch der germanischen Völkerschaften in Italien, und wenn im Orient griechischer Geist und griechische Werkleute noch immer Reste der alten Tradition aufrecht erhielten, so konnte dies im Abendlande nur noch in immer beschränkterem Maße der Fall sein. Wohl wendeten sich auch die Herrscher der germanischen Stämme, welche Italien zur Heimat erwählt hatten, der trotz des Verfalles noch immer klassischen Kultur zu; wohl taten sie das Möglichste, Italiens alten Glanz aufrecht zu erhalten. Kein römischer Herrscher hätte für die Erhaltung der antiken Denkmäler besorgter sein können als der Gote *Theodorich*, und die neue Gotenresidenz Ravenna sollte an kirchlichen wie an profanen Denkmälern mit Rom und Konstantinopel wetteifern. Aber Einsicht und Kunstsinn der Herrscher konnten den Verfall nicht aufhalten, der durch die Zerstörung des römischen Reiches bedingt war. Je mehr die germanischen Stämme sich in Italien festsetzten, um so mehr näherte sich die einst so große klassische Kultur dem Erlöschen. Die Ruinen mehrten sich, und was neu geschaffen wurde, stand nicht

bloß in künſtleriſcher, ſondern nach und nach auch in techniſcher Hinſicht ſo tief unter dem Alten, daß nur die Zerſtörung alter Bauten um des bearbeiteten Materials willen die Möglichkeit der Schaffung neuer gewährte.

Die römiſche Weltkultur hatte über die Alpen hinaus ihre Äſte gebreitet und Gallien, ſowie einen Teil Germaniens romaniſiert. Seit Jahrhunderten mit den Römern in Berührung und im Handelsverkehr, waren ſo ziemlich alle germaniſchen Stämme mit dieſer Kultur mindeſtens bekannt geworden. Als nun die Völkerwanderung die Stämme in Bewegung ſetzte, wurde zwar mit dem Niederwerfen der römiſchen Herrſchaft ein großer Teil der römiſchen Städte in Deutſchland und Frankreich zerſtört, manches alte Baudenkmal vernichtet; aber eine Reihe von Städten war für den allgemeinen Verkehr derart wichtig geworden, daß ſie beſtehen, deshalb nach jeder Zerſtörung wieder aus Schutt und Aſche ſich erheben mußten, ob Römer oder Gallier, ob Germanen irgendwelchen Stammes gerade in jener Gegend ſaßen. In ihnen blieb ein Reſt der klaſſiſchen Kultur zurück. Das Chriſtentum erſtreckte ſeine Wirkſamkeit nicht nur auf jene germaniſchen Stämme, welche den Boden altklaſſiſcher Kultur zu eigen hatten; von dort ausgehend, ſchickte es ſeine Sendboten in die entfernteſten Wälder und ſuchte nach und nach ſeinen Glauben, mit ihm aber zugleich die von der Kirche aufgenommenen letzten Reſte der klaſſiſchen Kultur überallhin zu verbreiten, und bald ſtanden, ſoweit die Herrſchaft des Chriſtentums ging, auch im Norden die Völker auf ähnlicher Stufe der Bildung wie die Italien beherrſchenden germaniſchen Stämme. Wir haben Berichte über die Bautätigkeit, die in Gallien, am Rhein und an der Donau vom VI. bis zum VIII. Jahrhundert herrſchte. Erhalten ſind uns allerdings kaum wenige Reſte, deren Datierung ſchwierig und unzuverläſſig iſt. Aber Kirchen, Klöſter und Paläſte entſtanden auch im Norden, und dichteriſche Beſchreibungen der Zeit behaupten wenigſtens, daß ſie den Werken des antiken Rom nicht nachſtanden, wenn wir auch in den noch erhaltenen Reſten kaum mehr als ſchwache Abbilder der alten Herrlichkeit erkennen.

So auch, als noch einmal vor gänzlichem Erlöſchen das Licht der klaſſiſchen Kultur aufflackerte, allerdings nur, um erkennen zu laſſen, wie nahe ſie am Erlöſchen war. Wie einſt *Theodorich der Große* ihr neue Dauer geben wollte, ſo wollte *Karl der Große* das römiſche Reich neu aufrichten und der Welt die alte Kulturblüte wiedergeben. Seine Reſidenzſtadt Aachen wurde die Bewunderung der Zeitgenoſſen, die ſie als neues Rom ſchildern, zu deſſen Glanze er das alte Rom und, wenn wir Konſtantinopel das zweite nennen wollen, Ravenna, das dritte Rom, plünderte. Trotzdem konnte dieſes vierte Rom nur in der Phantaſie ſchmeichelnder Dichter ſeine Vorgänger an Großartigkeit und Glanz erreichen. *Karl* hatte Gallien, Germanien, Italien und einen Teil Spaniens unter ſeinem Szepter vereint, und eine gemeinſame Kultur, von der Kirche getragen, ſollte dieſe Länder zu neuer Blüte bringen. Die Dauer ſeines Reiches war zu kurz; es zerfiel unter ſeinen Nachfolgern, und die eintretende Schwäche ließ die Roheit überhandnehmen. Bald war im Abendlande die Kultur gewiſſermaßen erloſchen.

Der Orient hatte auch, nachdem der Weſten bereits den Germanen zur Beute gefallen war, die Formen der römiſchen Herrſchaft unter den Konſtantinopel regierenden Kaiſern feſtgehalten. Er hatte auch, ſolange das Abendland noch leiſtungsfähiger war und eine gemeinſame Kirche beide umſchloß, gemeinſam an der Entwickelung der Kirchenbaukunſt mit Italien gearbeitet. Als aber zur politiſchen Trennung auch die kirchliche gekommen war, wurde das Band zerſchnitten. Doch war das byzantiniſche Reich glücklicher als das Abendland; es konnte die

Reste der alten Kultur retten, konnte manche künstlerische und technische Tradition bewahren; es konnte insbesondere in der Baukunst neue Motive entwickeln und sich über ein halbes Jahrtausend als Kulturreich erhalten, bis der Islam das Reich erobert und das Christentum unterworfen hatte.

XIX.

Die Grenzen des römischen Weltreiches in Asien waren keine festen, und jene Gegenden, in denen die altasiatische Kultur ihre Hauptsitze aufgeschlagen, wurden nie so dauernd unterjocht, daß die altheimische Bevölkerung gänzlich der klassischen Kultur unterworfen worden wäre. Um das Jahr 600 nach Chr. erstand in Arabien die Religion des Islam, welche bald, durch Feuer und Schwert ausgebreitet, ihren Mittelpunkt in den Ländern des Euphrat und Tigris fand und, von den Traditionen der dort altheimischen Kunst genährt, auf Grundlage der letzten Ausläufer der klassischen bald eine ganz eigentümliche neue Kunst schuf. Von dem Gedanken der staatlichen Einheit aller Anhänger *Mohammed*'s ausgehend, konnte doch diese Einheit nicht erhalten werden. Es bildeten sich einzelne selbständige Reiche, deren Einzelbedeutung so groß war, daß sich, teilweise gestützt auf die Eigentümlichkeiten der Volksstämme, in ihnen derart selbständige einzelne Kunstschulen entstanden, daß die Kunst des Islam nicht gänzlich als eine einheimische dasteht, soviele gemeinsame Charakterzüge auch allen Schulen innewohnen. Wenn aber auch die Äste des Baumes verschiedene Blüten trieben, so waren diese doch als einem und demselben Baume entsprossen kenntlich.

Den Hauptstamm dieses Baumes bildet aber die Kunst der Araber, welches Volk sich rasch zu hoher Zivilisation emporgeschwungen und in verhältnismäßig kurzer Zeit eine Kunst entwickelt hatte, die an Phantastik und Pracht den Werken der alten Perser, an Schönheit und Formenvollendung des Einzelnen der Feinheit klassischer Kunst nahe kam. Ihr Ausgangspunkt war das Zelt der Nomaden. Schon vor *Mohammed* mögen indessen einzelne feste Bauanlagen vorhanden gewesen sein. Mekka umschließt in der Kaaba ein Heiligtum, das lange vor seiner Zeit ein Wallfahrtsort war. Die arabische Tradition behauptet sogar, daß *Adam* vierzigmal dahin gepilgert, um seine Andacht zu verrichten. Welche Gestalt indessen zu *Mohammed*'s Zeiten jener Bau gehabt, ist nicht nachweisbar. Wenn es monumentale Formen waren, so müssen es griechische gewesen sein, die ja damals in der Welt fast alleinige Herrschaft hatten, vielleicht etwa Nachklänge der altpersischen. Nach seiner Flucht führte *Mohammed* zu Medina ein Gebäude auf, das dem gemeinsamen Gottesdienste, sowie als Wohnung seiner Frauen diente. Der Sage nach soll diese Moschee von Palmstämmen gestützt gewesen sein. Als die Araber siegreich durch Persien und Syrien gedrungen waren, eigneten sie sich in letzterem Land christliche Kirchen an, teilten sie sogar mit den Christen; denn auch das Gotteshaus der Araber, die Moschee, sollte der Versammlungsort der Gläubigen zu gemeinsamem Gebete sein.

Auch der Moscheenbau zeigt somit die zwei Grundmotive, welche der christliche Kirchenbau aufgenommen hat: den Zentralbau mit einer Kuppel und den Hallenbau.

Doch bald entwickelte sich eine eigentümliche Bauweise; denn schon *Omar* errichtete 638 nach Chr. an Stelle des Salomonischen Tempels eine Moschee, die, im Jahre 688 umgebaut, im wesentlichen noch erhalten ist und, wenn auch fast ganz antik, doch schon grundlegende Elemente des arabischen Stils enthält.

In den konſtruktiven Formen der älteſten Bauwerke gibt ſich ſchon eine Eigentümlichkeit zu erkennen, welche die arabiſche Kunſt mit der ſpäteſtklaſſiſchen zeigt: die durch Bogen verbundene Säulenſtellung, wobei die ſtarke Überhöhung des Bogens ihren Grund vorzugsweiſe darin haben mag, daß man antike Säulen und ſonſtige Bautrümmer von ungleicher, nicht genügender Höhe verwendete. Der phantaſtiſche Sinn fand jedenfalls Gefallen an dieſer Form, die teilweiſe noch phantaſtiſcher dadurch geſtaltet wurde, daß über der Säule erſt eine Ausladung ſich erhob, der Bogen ſodann ſich wieder einziehend die Geſtalt eines Dreiviertelkreiſes erhielt oder auch aus zwei Stücken gebildet wurde, welche in der Mitte ſpitz zuſammenſtießen. Im allgemeinen ſind es nur wenige, und zwar ziemlich einfache konſtruktive Motive, welche die Kunſt des Islam hervorgebracht hat, bei denen aber die Phantaſtik der Erſcheinung vorzugsweiſe maßgebend war und die in Bezug auf die Geſamterſcheinung ebenſo zurücktreten wie die Detailgliederung gegen den ungeheueren Reichtum einer glänzenden, alles bedeckenden Ornamentik. Darin zeigt ſich der gemeinſame Zug der geſamten mohammedaniſchen Architektur; ſo in Bagdad, wo die erſte Reſidenz der Kalifen war; ſo in Ägypten, Spanien und Sizilien, wie in Indien, in Perſien und in Kleinaſien, wie in Konſtantinopel. Als die glänzendſten Werke haben wir jene zu betrachten, welche vom XIII. bis zum XV. Jahrhundert in Spanien errichtet wurden und die vorzugsweiſe durch den Reichtum und die Anmut geometriſcher Ornamentik ſich auszeichnen. Es iſt ein reizendes Formenſpiel, aber auch ausſchließlich Spiel. Wie das Märchen ein Phantaſieſpiel iſt, darauf berechnet, einen Augenblick anzuregen, ſo ſind auch die Räume der Alhambra ein Märchen, welches einen Augenblick die Wirklichkeit vergeſſen läßt. Kühler Schatten und der Durchblick auf ſonnenbeleuchtete Räume, das Plätſchern der Springbrunnen, Blumenduft und das Zwitſchern der Vögel, Architekturformen leicht und reizend, als ſeien ſie nicht gebaut, ſondern nur erträumt, reizendes Formenſpiel einer Ornamentik, die, weil geometriſch, ohne den Geiſt zu ermüden, zu fortwährendem Sinnen anregt, die das Auge gefangen nimmt und unter ihrem Banne nötigt, den nach allen Richtungen ſich kreuzenden Linienverſchlingungen zu folgen, eine Fülle der üppigſt glühenden Farben, welche ſo harmoniſch verwoben ſind wie die Töne der Muſik, und welche das Werk wie von Gold und bunten Edelſteinen hingezaubert erſcheinen laſſen — was kann anziehender ſein als eine ſolche Architektur, die das aus bunten Teppichen auf geſchnitzten Stangen aufgeſchlagene Zelt wiedergibt, unter welchem der Nomade, wenn er nach langer Wanderung durch die Wüſte auf einer blühenden Oaſe Ruhe gefunden hat, dem Märchenerzähler lauſcht und, der Phantaſie folgend, die Wirklichkeit vergißt und alle Schätze vor ſich ausgebreitet ſieht, die dem Menſchen Genuß gewähren? Was der Märchenerzähler erfindet, wie er ſein Zauberſchloß ſchildert, ſo iſt die Alhambra, ein Ort, geeignet, die Wirklichkeit der Welt zu vergeſſen. Allein darin liegt auch die Schwäche. Wenn auch die Phantaſie einen Augenblick lang uns ein Reich des Zaubers aufbaut, welches Menſchen Aufgabe iſt es, ſein Leben im Banne dieſes Zaubers zuzubringen?

Wenn die Kraft und Kühnheit der Mohammedaner den Islam ausbreiteten, ſo war es die träumeriſche Ruhe, der ſich die ehemals ſo kühnen Eroberer überließen, welche ihn zu Falle brachte, ſo daß er heute ſich mühſam da und dort aufrecht erhält, während die ihn verdrängende europäiſche Kultur ſeinen Anhängern derartig imponiert, daß ſie die allerdings ſchwachen Reſte ihrer eigenen Kultur um Abfälle vom Tiſche des Abendlandes dahingeben.

XX.

Wie gering und unbedeutend war dagegen die Kultur des Abendlandes, als mit dem Schlusse des ersten Jahrtausends unserer Zeitrechnung der Islam in drei Weltteilen herrschte und bereits in Kunst und Wissenschaft auf hoher Stufe stand!

Die altklassische Kultur hatte unter den Karolingern im nördlichen Europa zum letzten Male aufgeleuchtet, ehe die Flamme gänzlich erlosch, ehe der alte Geist der germanischen Völker, die nunmehr über Mittel- und Westeuropa ausgebreitet waren, mit seiner Freiheitsliebe und dem Drange nach Vereinzelung alle die äußeren Bedingungen über den Haufen warf, unter denen allein eine große Kultur gedeihen kann. Kulturlosigkeit und mit derselben schlimme Leidenschaften, tief gewurzelte Verderbnis erfüllten wieder die abendländische Welt. Aber es schlummerte in den Völkern die Sehnsucht nach besseren Zuständen; ein Ideal begann sich auszubilden, das ewigen Frieden in die Welt einführen, das jeden Einzelnen der Tugend gewinnen sollte. Dieses wurde nicht bloß von der Bewohnerschaft eines bestimmten Landes, vielmehr von der ganzen, unter germanischer Herrschaft stehenden christlich-abendländischen Völkerfamilie getragen, wie auch diese ganze Familie der Sitz des Übels war; denn zu einer Familie waren sie geworden durch die christliche Kirche. So verschieden auch die Natur aller den germanischen Stämmen unterworfenen Völker war, die sich nach und nach wieder an die Oberfläche drängte, so hatte doch das Band der Kirche, teilweise wohl auch die überall nahezu gleichmäßigen Erinnerungen an die alte einheitliche, zuletzt durch die Kirche geheiligte Weltherrschaft der Imperatoren, deren jüngste große Gestalt, *Karl*, noch in aller Gedächtnis stand, an die Ordnung, welche dessen Kraft gegeben hatte, soviel Gemeinsames, und die Herrschaft der Germanen stand allenthalben so fest, daß vorerst noch immer die Verschiedenartigkeiten neben der Macht der Einheit von Kirche und in der Theorie auch des Staates verschwinden und die Kulturtätigkeit eine gemeinsame sein mußte, soweit sie überhaupt sich geltend machen konnte.

Jenes große Ideal sah zwei Gestalten, eine innere geistige und äußere materielle vor sich, welche die Welt gemeinsam regieren sollten: die Kirche, um die Menschen auszubilden, zu lehren, die Künste des Friedens zu pflegen, die Sitten zu mildern, den, welcher sich vergangen, mit Gott zu versöhnen, alle auf das jenseitige Leben vorzubereiten, vertreten durch eine Priesterschaft, welche in geordneter Gliederung die Lehre des Heiles geben und die Sakramente spenden sollte. Sie zu schützen und zu stützen, sollte die weltliche Macht ebenso gegliedert dastehen, das Schwert führen, wo es nötig schiene, um das Recht zu schirmen, das Unrecht zu strafen, um die weltlichen Angelegenheiten zu ordnen. Wie an der Spitze der Kirche der Papst, so sollte an der Spitze der weltlichen Herrschaft der Kaiser stehen, von dem alle Könige ihre Macht zu Lehen tragen sollten, sie wiederum abwärts ihren Vasallen verleihend, in ähnlicher Weise wie Bischöfe und Priester in mannigfacher Abstufung vom Papste ihre Mission empfangen. Dem Lehen aber stand als Gegenleistung die Treue und Folge gegenüber, so daß die ganze Welt von oben bis unten auf einem Verhältnisse beruhte, dessen Grundlage gegenseitige Treue war, das der Höherstehende ebensowenig einseitig aufheben konnte als der Niedrige. Kirche und weltliche Macht, Papst und Kaiser, sollten sich gegenüber stehen wie Sonne und Mond.

Es war aber allerdings nur ein Ideal, ein solches, das lange Zeit nicht einmal in scharf ausgesprochener Weise feststand, das mehr gefühlt und empfunden, als

fyftematifch definiert wurde, das aber von Eigennutz, Herrfchfucht und anderen menfchlichen Leidenfchaften beifeite gefchoben wurde, fo oft es denfelben unbequem war, das für immer zu verteidigen keine Macht kräftig genug war, weil es eben nicht die Natur des Menfchen, fondern nur deffen gute Seiten als beftehend annahm.

Da germanifche Stämme die Welt beherrfchten, fo ftand naturgemäß das germanifche Deutfchland an deren Spitze; aber, wenn es auch Repräfentant der herrfchenden Weltidee, wenn es als politifche Hauptmacht Europas anerkannt war, fo konnte ihm doch die weltliche Herrfchaft nicht ungeteilt zufallen; trotz allen Ringens der Kaifer konnte das Staatsleben Europas fich nicht zu jenem feftgefchloffenen Syftem abrunden, wie es die Kirche entwickelt hatte, die herrfchend als unveränderliche Einheit daftand, fo fehr auch die einzelnen Individuen verfuchen mochten, in ihrem Widerftreite das Syftem durch rückfichtslofe Geltendmachung ihrer Intereffen zu erfchüttern.

Spricht fich in diefem Ideale der Ordnung aller Zuftände vor allem die Sehnfucht nach innerlicher Ruhe aus, fo mußte dasfelbe auch auf die Architektur Einfluß üben. Die Kirche, welcher ja die Pflege der Kultur zufiel, war es, die als Trägerin derfelben der Baukunft die Aufgaben ftellte, und aus deren Klöftern, dem Sitz künftlerifcher und wiffenfchaftlicher Tätigkeit, die Baumeifter und Werkleute hervorgingen, fo daß die Baukunft einen fpezififch mönchifchen Charakter erhielt. Deutfchland war durch die politifche Rolle, welche es fpielte, zunächft auch berufen, die entfprechenden architektonifchen Gedanken zum Ausdrucke zu bringen. Aber dort fehlte der klaffifche Boden, wie ihn Italien darftellte, das noch immer mit den Denkmälern einer großen Vergangenheit angefüllt war, das mindeftens einige Traditionen der antiken Technik bewahrt hatte. Deshalb find auch die Bauwerke, welche die fächfifchen Kaifer errichteten, klein in den Dimenfionen, befangen in der Durchbildung, und erft mit dem XI. Jahrhundert hatte fich die Kunftübung foweit entwickelt, daß der Bau jener majeftätifchen Dome ermöglicht werden konnte, welche, wie der zu Speier, dem erwähnten Ideale körperlichen Ausdruck gaben und für die Taufende von kleineren Bauten bis zum Schluffe des XII. Jahrhunderts das Vorbild abgaben. Anknüpfend an das Schema der chriftlich-klaffifchen Bafiliken, zeigen fie ein dreifchiffiges Langhaus, durch Pfeiler- oder Säulenreihen getrennt, mit höher auffteigendem Mittelfchiff. Meift, gleichwie in der früheren Periode, mit hölzernen Decken, teilweife aber auch fchon im XI. Jahrhundert mit Kreuzgewölben bedeckt, die fich als Nachahmung jener Wölbungen der großen Säle römifcher Badeanlagen zu erkennen geben, bilden fie vor allem die einfache Anlage von Kreuzfchiff und Apfis der chriftlich-klaffifchen Bafilika in mannigfaltigfter Weife aus und verbinden die Anlage mehrerer Türme und Kuppelbauten mit dem Hauptbau der Kirche.

Majeftätifche Ruhe lagert auf diefen großartigen Baudenkmälern; Ernft und Würde fprechen fich in der einfachen Gliederung der mächtigen Maffen aus, und doch ift großes Leben in diefer Gliederung und in der Aneinanderfügung der einzelnen Teile, die fich höher und niedriger auch äußerlich geftalten, wie die Geftalt des Inneren es mit fich brachte, aus denen dann auf der Kreuzung von Lang- und Querhaus Kuppeln in die Höhe ftiegen, deren reiches Licht zu dem wunderbaren, echt künftlerifchen Eindrucke des Inneren fo wefentlich beiträgt. Die Türme, welche aus der Maffe herausfteigen, haben nur nebenbei den materiellen Zweck, die damals unbedeutenden Glocken aufzunehmen, deren Klang weithin zu den Gläubigen dringen follte. Sie follten fymbolifch zum Himmel

empordeuten und dem gewaltigen Dome eine fernhin fichtbare, mächtig über das Häufermeer der Stadt und die Türme der Mauern herrfchende Erfcheinung geben.

So feft das Band war, welches die Kirche als Trägerin der Kultur um alle Völker gefchlungen, die ihr angehörten, fo war doch ähnlich, wie bei den Völkern des Islam, auch hier noch Raum für die Entwickelung der befonderen Charaktereigentümlichkeiten, die fich auch in der Architektur wiederfpiegelten. In Italien hatten neben der Charaktereigentümlichkeit der Reft der antiken Technik und das vorzügliche Baumaterial auf eine reichere dekorative Ausftattung hingewirkt; die britifchen Infeln hatten einen Zug energifcher Phantaftik ihrer Architektur beigemengt. In Spanien lebte das Chriftentum im Kampfe mit den Mauren und mußte deshalb für feine Architektur als Gegenfatz zu den Mauren feften Anfchluß an feine chriftlichen Nachbarn, d. h. zunächft an Frankreich fuchen. Es übte aber auch auf Frankreich und dadurch auf das übrige Europa mächtigen Einfluß aus. Der ftete Kampf für die Nationalität, wie für die Religion, ließ jenes Ideal ewigen Friedens weniger beftimmt in das Volksbewußtfein fich einleben; der Kampf für die Religion, für die Kirche und zur Ehre Gottes füllte die Gemüter als ein neues Ideal aus, das auch in Frankreich Boden gewann, wo man den Kampf gegen die Ungläubigen aus nächfter Nähe teilnehmend verfolgte.

Mehr als in Deutfchland hatte auf dem ganzen Gebiete des heutigen Frankreichs die römifche Zivilifation fefte Wurzeln gefchlagen. Zwar hatten auch hier die germanifchen Völker feften Fuß gefaßt und die Bevölkerung mit ihrem Element durchdrungen; aber der keltifche Stamm bildete immer den Kern des Mifchvolkes, und die antiken Traditionen erhielten fich hier, getragen von der keltifchen Bevölkerung, welche längft durch und durch römifch geworden war, länger lebendig als felbft in Italien. So war Frankreich eigentlich fchon nach dem Tode *Karl des Großen* der Mittelpunkt der Zivilifation, wenn auch Deutfchland jener der politifchen Macht war. Wenn nun auch fpäter unter den Kämpfen, in denen, wie in Deutfchland, jeder Einzelne foviele Rechte, foviel Macht und Befitz erkämpfen wollte, als fein gutes Schwert ihm errang, die Kultur mehr und mehr fank, hatten doch Kunft und Wiffenfchaft einen weicheren und geeigneteren Boden in allen Schichten des Volkes für ihren Samen gefunden als in Deutfchland, wo doch nur einzelne Klaffen fie in der früheren Periode bei fich aufgenommen hatten. Aber auch die größere Beweglichkeit des Volkscharakters drängte dahin, eine fortgefetzte lebendigere Entwickelung zu fuchen. So zeigt auch die Architektur Frankreichs im X. bis XII. Jahrhundert mehr lebendige Beweglichkeit, eine eingehendere Detaildurchbildung als die deutfche. Buntere Mannigfaltigkeit, bis zur Phantaftik gefteigert, entwickelte fich auf franzöfifchem Boden, aber nicht jene einheitliche harmonifche Ruhe, wie folche die deutfchen Bauten auszeichnet. Der Volkscharakter hatte jenes große Ideal, welches wir als Ideal der Zeit bezeichnet haben, in Frankreich nicht fo tief in das Bewußtfein des ganzen Volkes eindringen laffen. Frankreich rang noch nach einem Ideal und fand dasfelbe gleich Spanien im Kampfe zur Ehre Gottes. Frankreich wurde der Sitz des ritterlichen Geiftes. Diefer Geift drängte, von Frankreich ausgehend, das gefamte Abendland in den Orient, um dort die Ungläubigen zu bekämpfen, um dort die Stätten, wo der Herr gelebt, aus deren Händen zu befreien, aber auch, um dort neue Reiche aufzurichten für diejenigen, denen ihre Lehen im Abendlande zu klein waren, ohne daß fie größere fich hier hätten erkämpfen können, um dem Drange nach Abenteuern zu genügen, um durch perfönlichen Mut und Tapferkeit fich als echten Ritter zu bewähren.

Jene Ritterlichkeit, welche nicht Ruhe und Frieden, sondern Gefahr und Kampf wollte, trat mehr und mehr in Gegensatz zu dem Ideal der beschaulichen Ruhe, dem es Tätigkeit und Kampf gegenüber stellte, und die Kreuzzüge waren es, die den Franzosen und dem Geiste derselben die Oberhand gaben und diese unbestritten an die Spitze der Kultur gestellt hatten, noch ehe das XII. Jahrhundert geendet. Wie in Frankreich, so wollte mehr und mehr auch anderwärts der Geist sich nicht in Beschaulichkeit, sondern im Kampfe den Himmel erobern. Nicht der rohe Kampf, nicht morden und schlachten waren jedoch ritterlich; feste Regeln machten den Kampf zu einem ritterlichen Spiele, und die Sitte der Zeit verlangte nicht bloß Mut und Kraft, sondern auch Großmut, Edelsinn und Frömmigkeit als innerliche Eigenschaften, Feinheit des Benehmens, Artigkeit gegen die Damen, geweckten Sinn für die schönen Künste, mit einem Worte, feine Bildung als äußerliche Eigenschaften des Ritters.

Auch die Ritterlichkeit, welche als veredelter weltlicher Sinn zu betrachten ist, hatte ihren Entwickelungsgang durchzumachen, bis sie sich zu dem erhoben hatte, was sie zur Zeit ihrer Blüte war. Dieselbe Entwickelung zeigt auch die französische Architektur im Gegensatze zur deutschen. Letztere hatte schon im Beginne der Periode ihr Ziel klar vor Augen; jene große Harmonie lag schon von Anfang an in ihr oder war wenigstens im Keime gegeben. Aber die Formvollendung der Details hat auch im Fortgange der Zeiten nicht wesentlich gewonnen; nicht wesentlich hatte der Sinn für reichen Schmuck zugenommen. In Frankreich war im Beginne der Periode selbst im Kirchenbau, der ja allein der Architektur ideale Aufgaben stellte, von harmonischer Durchbildung nicht die Rede. Unvermittelt stehen verschiedenartige und fremde Elemente nebeneinander, individuell sich geltend machend, wie der Sinn und die Neigungen der Menschen. Nach und nach erst gewinnt die Architektur an organischem Verständnis; nach und nach nimmt der Sinn für organische Durchbildung, für rationelle Konstruktion, für Reichtum und Zierlichkeit der Gliederung, Reichtum und Gedankenfülle des Schmuckes zu.

Wie die deutschen Geistlichen den Ausdruck des deutschen Geistes in sich trugen, so die französischen jenen ihres Volkes, und mehr als in Deutschland nahm unter ihrem Einflusse die Bildung unter den Laien zu; nicht am wenigsten hatten sie dahin gewirkt, die weltliche Roheit zur Ritterlichkeit hinzuführen. Nach und nach aber hatte unter ihrem Einflusse die Laienwelt jene geistige Kraft in sich aufgenommen, daß die Ritterschaft der geistlichen Führung nicht mehr bedurfte, um die höchste Spitze äußerlicher Feinheit zu ersteigen, daß auch die Baukunst der geistlichen Baumeister nicht mehr bedurfte, um in raschem Fluge die Höhe eines Ideals zu erreichen, das nur weltliche Kühnheit, nicht geistliche Beschaulichkeit erdenken konnte.

XXI.

Das Konstruktionssystem der romanischen Kirchenbauten war ein sehr einfaches. Wenn auch verschieden von der Antike, hatte es doch ähnliche Grundprinzipien. Die Stabilität beruhte wesentlich auf genügender Stärke der Mauern, Pfeiler und Säulen; selbst wo der Seitenschub eines Gewölbes zu überwinden war, war die genügende Mauerstärke das Hauptmittel. In Frankreich hatte man zuerst die Stabilität der Mauer dadurch zu mehren gesucht, daß man Pfeilervorsprünge an der Mauer anbrachte. Als nun gegen die Mitte des XII. Jahrhunderts die Überwölbung der Hauptschiffe nach dem System der rheinischen Dome, mittels

Kreuzgewölbe ſtatt der bis dahin dort üblichen Tonnengewölbe, Eingang fand, erkannte man ſofort, daß jene Punkte, gegen welche ſich die Gewölbe ſtützten, ungleich ſtärkeren Widerſtand zu leiſten hatten als die zwiſchenliegenden, und man verſtärkte ſie durch energiſche Strebepfeiler. Um aber auch bei mehrſchiffigen Räumen den Pfeilern, welche die Schiffe trennen, keine ſtörend große Stärke geben zu müſſen, ſuchte man den Seitenſchub von dieſen Pfeilern ab und durch Bogen auf die Seitenſchiffwand hinüberzuleiten, die ohne Schaden durch Strebepfeiler verſtärkt werden konnte. Dieſer eingreifende konſtruktive Gedanke regte zu weitergehenden konſtruktiven Gedanken an, und mit einer Raſchheit, welche bis dahin ohne Beiſpiel war, entwickelte ſich im Laufe von 50 Jahren ein ganz neues Bauſyſtem, ein neuer Stil, der heute mit dem Namen des gotiſchen bezeichnet wird und der in der erſten Hälfte des XIII. Jahrhunderts zu einer ſolch glänzenden Entfaltung gelangte, daß er bald allenthalben den romaniſchen verdrängte. Es war ein bis in das äußerſte kompliziertes Konſtruktionsſyſtem, nicht mit der Abſicht erdacht, die räumliche Aufgabe auf die einfachſte Weiſe zu löſen, ſondern oft geradezu Schwierigkeiten ſchaffend, mit der Abſicht, zu zeigen, daß eine ſorgfältig durchdachte Konſtruktion jede Schwierigkeit überwinden könne. Dieſe konſtruktive Tätigkeit brachte eine ſolche Menge neuer Motive und Elemente in die Architektur, daß in der Tat ein neuer Stil ſich ausbildete, welcher nicht mehr als eine fortgeſetzte Entwickelungsſtufe des früheren bezeichnet werden kann, ein Beiſpiel, welches in der Geſchichte bis dahin nicht vorhanden war und nur deshalb überhaupt möglich wurde, weil die ganze Anſchauungsweiſe der Völkerfamilie ſich derart geändert hatte, wie dies früher nirgends der Fall geweſen, weil eben ſonſt überall ein einziges Volk mit einem einzigen Kulturideal der Träger geweſen war, und wohl, wenn ſeine Entwickelung zu einem gewiſſen Punkte gediehen war, zu Grunde gehen, nicht aber ſein Ideal ändern konnte.

Allerdings bedurfte es faſt eines Jahrhunderts, bis der neue Stil in der ganzen Völkerfamilie herrſchend wurde. In Deutſchland hielt man lange wie am Ideal des Weltkaiſertums, ſo auch am alten Architekturideal feſt. Die Berührung mit den Franzoſen änderte an den politiſchen und ſozialen Verhältniſſen kaum anderes, als daß ſie verfeinernd auf die Umgangsformen wirkte. Ebenſo wirkte die reiche Formenentwickelung der franzöſiſchen Architektur zunächſt auf größeren Reichtum in der Gliederung, die Fülle der Kleinkonſtruktionen auf Komplizierung der konſtruktiven Elemente des deutſchen Stils. Es entſtand ein Übergangsſtil, welcher, ohne irgend weſentliches an der Geſamtanlage der Baugruppe zu ändern, die Einzelheiten ganz im Sinne des franzöſiſchen Stils umgeſtaltete. Mit der zweiten Hälfte des XIII. Jahrhunderts eroberte ſich der franzöſiſche Stil erſt die deutſchen Lande; mit dem Schluſſe war er herrſchend; der frühere deutſche hatte aufgehört. Aber das ganze Konſtruktionsſyſtem war nicht nur ausgebildet, es hatte auch bereits ein vollkommenes Formenſyſtem entwickelt, als der Stil zu uns kam. Dieſes Formenſyſtem nun fand in Deutſchland einen günſtigen Boden. Es wurde hier, losgelöſt von der urſprünglichen konſtruktiven Idee, in rein geometriſche, harmoniſche Verhältniſſe gebracht, d. h. nach „Zirkels Kunſt und Gerechtigkeit“ ausgebildet zu einem ſchönen Formenſyſtem, einem Schulſyſtem, welches in der Tat ideal, d. h. edel, harmoniſch und von feinſter Linienführung war, das aber ohne innere Bedeutung der Form bloß dem Auge wohltun ſollte, dem alſo ſchon in dieſem Stadium ein wenig von der Trockenheit der Schule anklebte, dem naturgemäß die Friſche der Charakteriſtik fehlte, die uns bei der genialen Entwickelung der franzöſiſchen Frühgotik entzückt.

Das Schulſyſtem der deutſchen Gotik hat faſt die formvollendete, feine Schönheit des griechiſchen Formenſyſtems erreicht. Aber es konnte ſie nicht lange feſthalten. Die Feſtſtellung der Formenſprache bis ins einzelne war das abſtrakte Werk irgendeines oder mehrerer begabter Meiſter; aber jeder andere Meiſter konnte eine andere Theorie für Harmonie und Linienſchönheit aufſtellen; es kam nur darauf an, daß er Nachfolge fand; wenn er nicht ſo bedeutend und ſelbſt auf Nachahmung angewieſen war, konnte durch ſeine Auffaſſung beim Nachahmen zwar die Trockenheit, aber kaum die Feinheit vermehrt werden. So zeigt ſich denn auch als Reſultat zunächſt in der Architektur des XIV. Jahrhunderts bei aller Schulgerechtigkeit eine ſtaunenswerte Nüchternheit. Sie iſt „ſchön", aber langweilig, weil ihr jede Charakteriſtik fehlt. Da nun das Gefühl verloren war, daß die Form innere Bedeutung haben müſſe, da man bloß dem Auge gefallen wollte, ſo ſah ein kecker Meiſter nicht mehr ein, weshalb denn Fialen und Wimperge bloß aus geraden Linien konſtruiert werden müßten, um ſchön zu ſein, warum man ſie nicht auch krumm machen ſolle. Die Fiale war lediglich ein Stück Dekoration, das den Zweck hatte, das damit geſchmückte Werk zu beleben, nicht mehr ein Konſtruktionsteil wie in der franzöſiſchen Frühgotik. Sollte ſie das nicht in noch viel höherem Maße tun, wenn ſie ſtatt gerade zu ſtehen, ſich dreimal um ſich ſelbſt oder um ihre Nachbarin drehte? So war es mit allen Teilen; es war der größten Formenwillkür die Tür geöffnet; allerdings nicht einer Willkür, die jeder Einzelne in anderer Weiſe ausbeutete, ſondern einer ſolchen, welche nur immer ſchulmäßig feſtgeſtellt wurde, da bei der äußeren Organiſation der Bauhütten jeder, ſei er bedeutend oder unbedeutend geweſen, von der Schule abhing und feſt von ihr gehalten wurde. Bezeichnet doch die ſonſt ſo knappe Literatur der Baukunſt jener Zeit die Meiſter, welche das Syſtem der Fialen weiter ausbildeten. Aber nachdem die trockene Strenge des XIV. Jahrhunderts gebrochen war, wußte die Schule im XV. Jahrhundert alles einzuführen, was eine ſelbſt mehr als gute Laune erſinnen konnte. Es kam dadurch in der Tat Leben herein; friſch und fröhlich ſprudelte hier kecker Humor; dort ſpreizte ſich die Philiſtroſität im Gefühle einer erträumten Würde; an anderer Stelle machte ſich willkürliche Härte geltend; kurzum es gab wieder ein buntes Bild vollen Lebens, wie eben das Leben mannigfaltig iſt; aber die Idealität war geſchwunden.

Wenn wir die Form nicht mehr als das Reſultat innerlich wirkender Kräfte bezeichnen konnten, ſo ſind damit nur die in der Konſtruktion tatſächlich wirkenden phyſiſchen Kräfte gemeint, die in den Eigenſchaften des Baumaterials und in den Naturgeſetzen, vorzugsweiſe der Schwere, begründet ſind, deren Widerſtand durch die Konſtruktion überwunden werden mußte, an deren Stelle geiſtige, ſomit auch innerliche Kräfte getreten waren, die der Formenbildung den Weg zeigten. Dieſe geiſtigen Kräfte waren der Ausdruck des Volksgeiſtes; ſie trieben dahin, gerade jenem Formenideal nachzujagen, das der ganzen übrigen Richtung des Volksgeiſtes entſprach und deshalb auch in ſeiner Weiſe charakteriſtiſch war, wenn ſchon die Richtung nicht mehr in der Hervorkehrung der Konſtruktion und Darſtellung der in derſelben wirkenden Kräfte das Schönheitsideal fand. Trotz der Ausartung ſind dieſe Werke bezeichnend für den deutſchen Volksgeiſt jener Zeit. Sie repräſentieren das Bürgertum der deutſchen Städte, welches damals tonangebend war, und nicht bloß ſeine Nützlichkeitsbauten, ſondern auch die Kirchen für ſich baute, weil es in ſeiner Weiſe Gott dienen wollte. Wenn wir die romaniſche Architektur Deutſchlands als den Ausdruck kirchlichen Geiſtes, die frühgotiſche Frankreichs als den ritterlichen Geiſtes bezeichnet haben, ſo iſt in der deutſchen

Architektur des XIV. und XV. Jahrhunderts der echte und vollste Ausdruck des bürgerlichen Geistes gegeben mit allen Vorzügen und allen Schwächen, wie sie mit dem Begriffe „bürgerlich“ untrennbar verbunden sind. Noch immer war es zwar der Kirchenbau, an welchem sich die weitere Entwickelung des Formensystems vollzog; aber längst sollten auch andere Aufgaben in monumentaler Weise gelöst werden. Wohnhäuser und Rathäuser, Schlösser und Paläste mit Hallen, Sälen und Gängen boten Veranlassung zu wirklich neuen Konstruktionen und mancher aus denselben geschöpften, neuen charakteristischen Form. Aber immerhin lag Veranlassung genug vor, das System der Wimperge und Fialen, der Maßwerke und anderer aus dem Konstruktionsprinzip des französischen frühgotischen Kirchenbaues dekorativ weiter entwickelter Zierformen als Schmuckwerk auf den Profanbau zu übertragen, der dann an der ferneren dekorativen Entwickelung Anteil nahm und zu immer willkürlicherer Gestaltung das Seinige beitrug. Nachdem also die Formensprache der Architektur lediglich äußere Dekoration geworden war, konnte ebensogut jede andere Zierform als äußere Dekoration dem Konstruktionssystem angefügt werden, und als etwa um das Jahr 1500 die deutschen Maler häufiger Italien besuchten, fanden sie dort andere Zierformen, welche sie zunächst an dekorativen Gebäuden ihrer Gemälde anbrachten, die sodann auch in den dekorativen Kleinarchitekturen Anwendung fanden, endlich auch das Gebiet der großen Architektur sich zu eigen machten.

XXII.

In Italien hatte sich der von Deutschland ausgegangene romanische Stil in großräumigen Anlagen betätigt und zu reicher dekorativer Formenentwickelung erhoben. Der französische Einfluß konnte vom XIII. Jahrhundert an weder die Hauptanlage, noch das Konstruktionssystem der italienischen Bauschule wesentlich umgestalten, und was aus dem Norden aufgenommen wurde, fand unter Einfluß des Materials und der klimatischen Verhältnisse bald eine solche Umbildung, daß sich die italienische Gotik nicht mit demselben Rechte wie die deutsche als eine Tochter der französischen ansehen läßt. Was aber gotisch daran war, war ebenfalls bloß ein dekoratives Formenschema, das zwar aus italienischem Geiste hervorgegangen war, aber doch nur einzelnen Seiten desselben entsprach und so auf einen Wechsel selbst hindrängte, als der italienische Geist im allgemeinen neue Bahnen einschlug, sich ein neues Ideal suchte.

Krieg und Zerstörung hatten noch immer nicht mit dem Vorrate antiker Denkmäler aufgeräumt, und so mußten diese naturgemäß das Auge ebenso auf sich ziehen wie die Reste der klassischen Literatur, welche nun den Geist gefangen nahmen, wie die Rechtsanschauungen des Altertumes, welche wieder neu belebt wurden, und wie die Philosophie der Alten, welche der von der Kirche gelehrten gegenüber trat. Der neu erwachende klassische Geist hatte naturgemäß die Wiederbelebung der antiken Kunst, speziell der Baukunst, im Gefolge, da nicht mehr die in der Konstruktion wirkenden physischen Kräfte es waren, welche die Form bestimmten, sondern im Volksgeiste liegende abstrakte, welche sich in gleichem Sinne, wie auf allen Gebieten des Geistes, auf jenem der Baukunst dadurch äußerten, daß sie den Schönheitssinn auf analoge Bahnen lenkten und diesem ein anderes Ideal gaben als die Hervorkehrung der Konstruktion und die Darstellung der in derselben wirkenden Kräfte. Was also in Deutschland und im übrigen Norden zu den Gebilden der späten Gotik geführt, führte in Italien zu

bewußter Wiederaufnahme antiker Formen, weil das italienische Volk den antiken Geist in sich aufgenommen. Aber diese Wiederbelebung erfolgte nicht mit einem Schlage, sondern schrittweise. Man begnügte sich damit, die einzelnen Elemente nach und nach einzuführen.

So schwer es fallen würde, in der Kette der Architekturentwickelung Frankreichs das erste Glied zu bezeichnen, das berechtigt ist, sich gotisch zu nennen, während sein Vorgänger noch romanisch genannt werden müßte, ebenso unmöglich ist es, in der italienischen Architekturentwickelung das erste Renaissancebauwerk zu bezeichnen. Reminiszenzen der Antike waren stets in der italienischen Architekturentwickelung zurückgeblieben, bedingt durch die Verwendung antiker Fragmente, bedingt durch den mächtigen Eindruck der großartigen übrig gebliebenen Kunstdenkmäler. So war schon manches vorbereitet, als der Blick sich im Beginn des XV. Jahrhunderts in umfassenderer Weise als bis dahin den Resten der Antike zuwandte.

Von Florenz ausgehend, breitete sich diese neue Auffassung im Laufe des XV. Jahrhunderts durch ganz Italien aus und fand vorzugsweise im Palastbaue eine Reihe der schönsten Aufgaben. Der Kirchenbau folgte anfangs der mittelalterlichen Anlage und stattete nur seine Werke mit Pilastern, Säulen und Gebälken in antiker Art aus. Bald jedoch suchten die Meister neue Kompositionen für die Gesamtanlage. Sie waren sich vollauf bewußt, daß im Kirchenbau keine materielle, daß vielmehr eine hervorragend ideale Aufgabe gegeben sei, und so benutzten sie denn diese Aufgabe, ihre Erfindungsgabe zu geistreich kombinierten Räumen der verschiedenartigsten Konstruktion auszunutzen, je nach des Meisters Neigung hohe weite Kuppelräume oder langgestreckte Perspektiven zu konstruieren. Wenn das Mittelalter, speziell die Gotik, sich gewisse praktische Ideale geschaffen hatte, in der jede einzelne Schule nicht bloß in geistiger Beziehung das Ziel erreicht, sondern, namentlich in späterer Zeit, auch einen zweckmäßigen, den praktischen Bedürfnissen entsprechenden Kirchenbau hergestellt zu haben glaubte, so war es jetzt der Individualität jedes einzelnen Meisters anheimgegeben, ein neues Ideal aufzustellen, nicht für einen praktischen Kirchenbau, sondern für einen durch und durch in künstlerischer Vollendung sich gliedernden Idealraum, in welchem sich eben dann der Gottesdienst einrichtete. Die mannigfaltigen Raumgruppierungen erinnern an die lebendige Bewegung in der Periode des klassisch-christlichen Altertumes, als man zuerst danach strebte, Ideale für den Kirchenbau zu erringen. Auch sonst haben die Werke des XV. Jahrhunderts mit jenen mancherlei gemein, so außer der individuellen Freiheit das lebendige Gefühl für zwar einfache, aber doch wirksame Gruppierung, für die Erreichung von Durchsichten von dunkeln in helle, engen in weite, niedrigen in hohe Räume, für die Gegensätze der Beleuchtung, für die Gegensätze gerader, ebener und runder Flächen und die sich daraus für das Auge ergebende Kreuzung der Konturen für schöne Verhältnisse, endlich das Gefühl für eine verständige, leichte Konstruktion. Man nennt gemeinhin solche Konstruktionen, wie sie die italienischen Baumeister im Schlusse des XV. Jahrhunderts anwandten, „kühn". Dieser Ausdruck ist gänzlich falsch und würde ein bedenkliches Lob sein. Für eine tatsächlich kühne, d. h. eine auch nur an ein Wagnis anstreifende Konstruktion würde sich wohl jeder Bauherr mit Recht bedanken und dem Baumeister unverantwortlichen Leichtsinn vorwerfen; anders aber verhält es sich mit einer Konstruktion von bewußter Leichtigkeit, bei welcher der Meister nicht mehr Massen anwendet, als eben nötig sind, und der Konstruktion nur dort Stärke gibt, wo sie deren wirklich bedarf. Und gerade das taten

die Meister dieser Periode. Neben großer Freiheit in der Gesamtkomposition, genialer Mannigfaltigkeit der Anlagen und sinnreicher Konstruktion zeigen ihre Bauten aber auch eine Feinheit und Zartheit der Empfindung in ihrer Durchbildung, namentlich eine Unterordnung der Details unter das Ganze, welche die Herübernahme der noch dazu in vielfacher Beziehung den neuen Zwecken angepaßten antiken Formen durchaus nicht fremdartig erscheinen läßt.

In diesem Stadium der Entwickelung fanden die nordischen Künstler die italienische Bauweise und übertrugen die dekorativen Elemente derselben in die Heimat, wo sie, ohne die Hauptdisposition der Gebäude, ohne deren konstruktive Durchbildung im mindesten zu ändern, an Stelle des gotischen Formenapparats gesetzt wurden und so eigentümlich originelle Bildungen hervorbrachten, ohne jedoch mehr als ausnahmsweise die Feinheit und das Ebenmaß italienischer Kunst zu erreichen. Italien blieb daher stets das Vorbild, und die Wandelungen, welche dort die Kunst durchmachte, übertrugen sich sofort auf alle Länder.

Diese Wandelungen gingen unter den großen Meistern des XVI. Jahrhunderts vor allem darauf aus, mehr Energie und Kraft an Stelle der zarten Anmut zu setzen, und mit dem Schlusse des XVI. Jahrhunderts war die Detailbildung zu einem Kraftübermaß angewachsen, welches vielleicht antiker war als jene Zartheit, aber nur im Sinne der letzten Periode der Antike, der Ausartung derselben. Von einer Charakteristik im ganzen, welche klar die Bedeutung jedes einzelnen Teils aussprach, hatte sie zu einem Gesamtkörper des Baues geführt, der jede Charakteristik der einzelnen Teile hinter einer leeren Bauform verschwinden ließ. Die Sucht, durch mächtige Massen zu wirken, brachte nunmehr eine förmliche Verwilderung hervor, die noch gesteigert wurde durch das Bestreben jedes Meisters, die anderen durch Originalität zu überbieten.

Im Laufe des XVI. Jahrhunderts war während dieses Vorganges der mächtigste Kirchenbau entstanden, der St. Petersdom zu Rom. Verschiedene Entwürfe drängten sich; jeder folgende Meister änderte die Pläne des vorhergehenden ab, bis in der Mitte des XVII. Jahrhunderts der Bau beendet war. Der Hauptteil der großartigen Anlage, die Kuppel, ist das Werk des gewaltigsten Künstlers des XVI. Jahrhunderts, *Michel Angelo*'s, welcher die mannigfachen Versuche der früheren Renaissance, ein Ideal für eine rein künstlerisch wirkende Bauanlage zu suchen, abschloß, aber nicht hindern konnte, daß die Harmonie seines Werkes durch ein angefügtes Langhaus gestört wurde, als man im Schlusse des XVI. und Beginne des XVII. Jahrhunderts nicht mehr einen bloß künstlerisch wirkenden Idealraum, sondern einen praktischen Kirchenbau haben wollte.

XXIII.

Auch St. Peter mußte sich der Zeitanschauung fügen, die wesentlich praktischer geworden war. Sie hatte deshalb auch für den Kirchenbau überhaupt wiederum ein bestimmtes Schema gefunden, ein weites, tonnengewölbtes Langhaus mit Kapellenreihen zu beiden Seiten, kurzen tonnengewölbten Kreuzarmen und Chor mit einer Apside und mächtigem Kuppelbau über der Vierung, eine Anlage, welche im äußeren durch eine zweitürmige Fassade abgeschlossen wurde. Diese praktische Anlage war während des ganzen XVII. und XVIII. Jahrhunderts herrschend. Es war damit in der Tat ein neues, dem Zeitgeiste entsprechendes Ideal für den Kirchenbau gefunden, das nicht gerade sehr dem des Mittelalters widersprach. Wenn auch nicht so hoch getrieben, wie die französischen Kathedralen

des Mittelalters, zeigten doch die mächtigen Pilafterftellungen ein emporftrebendes Element. Der einheitliche Raum des Schiffes geftattete die bewußte Teilnahme an dem Opfer, welches auf dem Altare, den jeder fehen konnte, dargebracht wurde, fowie das Sammeln einer großen Menge um den Predigtftuhl. In den Seitenkapellen konnte fich der Einzelne ungeftört der Andacht hingeben, oder konnten viele einzelne Priefter zu gleicher Zeit Meffe lefen. Das Schema, welches bei fehr einfachen Formen nüchtern wirken würde, konnte durch pompöfe Stuckausftattung, welche die fpätere Zeit hinzutat, einen faft ans Verwirrende ftreifenden mächtigen Eindruck machen; aber auch das von oben einfallende Licht der Kuppel und die Beleuchtung der einzelnen Kapellen wie des Hauptfchiffes, des Querfchiffes und Chors ließen fich bei diefem Kirchenfchema außerordentlich wirkungsvoll, geradezu theatralifch, anordnen. Es war allerdings nicht einfacher Ernft, nicht fchlichte Würde, fondern gewaltiger, blendender Aufwand, durch welchen die Kirche in Verbindung mit der durch Beleuchtungseffekte hervorgebrachten myftifchen Erfcheinung die Augen und Herzen des Volkes gefangennahm, durch das dunkle Langhaus hindurch zum Lichte der Kuppel emporriß, wo gemalt und plaftifch die himmlifchen Heerfcharen in buntem Chor hin- und herwogten und einftimmten in die Jubelhymnen, welche die Mufik durch die Hallen faft beraufchend ertönen ließ, während die Wolken des Weihrauches fich erhoben.

Soweit auch die Entwickelung im Kirchenbau ging, kann doch derfelbe auch in diefer Zeit nicht als der eigentliche Träger der Architekturentwickelung betrachtet werden. Der Schwerpunkt derfelben lag vielmehr im Palaftbau, deffen mächtige Werke fchon im XVI. Jahrhundert ganz Italien erfüllten und deren mannigfaltige Anlagen Veranlaffung gaben, fowohl den Faffadenbau im äußeren, als die Geftaltung der Höfe und der verfchiedenartigften Innenräume fyftematifch durchzubilden. Am Palaftbau, welcher der Ausdruck der Macht, wie der Wohlhabenheit und höheren Bildung feiner Befitzer war, bildete fich vor allem jene energifche und kräftige Architektur aus, die auch auf den Kirchenbau übertragen wurde, die wir unter dem Namen Barockftil kennen, und welcher befonders durch die Hauptmeifter des XVII. Jahrhunderts getragen wurde. Seinen eigentümlichften Ausdruck erhielt er durch die Einführung fchwerfälliger gefchwungener Formen, welche nicht nur den Ausdruck jedes tektonifchen Gedankens verleugneten, fondern direkt entgegengefetzte Grundgedanken fimulierten.

Diefe Richtung fand ihren Weg durch die ganze gebildete Welt, welche nunmehr erreicht hatte, was dem Ideal des Mittelalters verfagt blieb: eine geiftige Einheit auf Grundlage einer allgemeinen, von gleichem Geifte getragenen Bildung und doch einen Zwiefpalt, weil allerdings nur der kleinere Teil einer jeden Nation folgen konnte, fo daß die Gebildeten, wie zu einer Kafte vereinigt, allenthalben der Maffe des Volkes gegenüber ftanden. Die Architektur aber bildete eine einzige große Schule, an deren Spitze noch immer Italien blieb, bis durch Einwirkung Frankreichs, das die Höhe feines Einfluffes erreicht hatte, den Ungeheuerlichkeiten Italiens eine etwas nüchterne Richtung gegenüber trat. Wir haben in jener Nüchternheit einen Zug der Vornehmheit zu erkennen, deffen fich ftolze, felbftbewußte Herrfcher um fo lieber bedienten, je mehr fie im Inneren der Räume, welche den Augen des gemeinen Volkes entzogen waren, dem Luxus der Ausftattung die Zügel fchießen ließen. Während nun tief in das XVIII. Jahrhundert herein die phantaftifche Weife der Italiener den Kirchenbau leitete, beherrfchte die vornehme franzöfifche Weife den Palaftbau, bis gegen die Mitte desfelben alle

barocke Kraft und Energie verloren waren und die nüchterne Richtung jeden architektonifchen Gedanken vollftändig verdrängt hatte. Eine bedenkliche Leere trat an die Stelle großer Gedanken, und nur auf dem Gebiete der eigentlichen Dekoration entfaltete fich eine zwar fchwächlich leichte, aber doch phantaftifche Formenwelt, welche, weil der Fläche angehörig, fich wenig aus ihr heraushob und darum im Gegenfatz zur barocken Kraft nirgends über die Gefamterfcheinung herrfchte, fo daß fie trotz des oft unendlichen Reichtumes nicht einmal deren Nüchternheit bezwang. Allerdings trat diefe Formenwelt auch nur felten am Äußeren der Gebäude auf; fie beherrfchte vorzugsweife das Innere der Räume, wo fie jedes Gefetz beifeite fchob, weil fie fich lediglich als Dekoration fühlte und fich gleich Schlingpflanzen über Wände und Decken ausbreitete. Sie mied dabei das Gefetz der Symmetrie als ihren ärgften Feind; dem Gefetze der Stabilität entgegen verwifchte fie alle Ecken und Kanten. Aber fie fchmeichelte fich dabei durch Feinheit im einzelnen ein und entrückte die Bedingungen der wirklichen Welt den Augen, an deren Stelle fie eine künftliche fetzte, nur einige heitere Reminiszenzen aus der wirklichen fich erhaltend, wie die zarten lächelnden Knabengeftalten, ein Lorbeerreis oder eine Bandfchleife, welche diefe künftliche Welt noch mit der wirklichen verbanden. Man kann jene Welt eine einzige Täufchung, fogar eine große Lüge nennen und ift berechtigt, diefes Wort felbft in hartem Sinne zu nehmen, weil abfichtlich die ganze Grundlage des menfchlichen Geiftes verfchoben ift, verfchoben, um einem kleinen Kreife der menfchlichen Gefellfchaft mittels einer anmutigen Täufchung durchs Leben zu helfen. Aber Liebenswürdigkeit, Feinheit und Empfindung kann man jenen künftlichen Schäferkreifen fo wenig abfprechen als ihren Dekorationsformen. Die Entfchuldigung für folche Lüge liegt aber nahe genug; fie wollte ja gar nicht als Wahrheit angefehen werden; fie leugneten vielmehr deren Exiftenzberechtigung förmlich ab, weil jene nicht die blaffe Anmut in fich trägt, die allein künftlicher Schein geben kann. So verleugnete fie in der Architektur die Berechtigung auch nur irgendwelcher tektonifcher Grundbedingungen und, foweit nicht die Gewohnheit zur Beibehaltung einiger Refte des architektonifchen Formenapparats drängte, ließ fie all das vollftändig formlos, wie es die Theaterkuliffe von rückwärts ift, was nicht zu einer Unterlage für ihre täufchende Dekoration diente.

Jene Ernüchterung, die um die Mitte des Jahrhunderts in den Formen des Äußeren eintrat, macht fich auch bald nach derfelben in der Dekoration geltend; das unfymmetrifche Rokoko fängt zu fchwinden an und läßt in der Dekoration nur noch die Rahmleiften zurück, deren es fich mitunter bedient hatte, um, wie ein Gitterwerk für die Schlingpflanzen, Anhaltspunkte an der Wandfläche zu gewinnen, umwunden etwa nunmehr noch von einem Bandftreifen und ein Medaillon mit einer Schleife tragend. Je mehr aber der Sinn im Leben von jener poetifchen Lüge in die Wirklichkeit zurückkehrte, je mehr ftatt der pompöfen Perücke der einfache Zopf des Mannes Kopf zierte, um fo mehr mußte er auch wieder architektonifche Formen und architektonifche Gliederung anftreben. Zu den barocken Gebilden ließ ihn die merkliche Ernüchterung nicht zurückkehren; fo wandte er fich dann wieder der Antike zu, deren Formen erft mehr nach der Erinnerung, fpäter nach wirklichem Studium zwifchen die noch übrig gebliebenen, zahm gewordenen Refte des Barockftils und die Überrefte der Rokokodekoration auch nur in dekorativem Sinne eingefügt wurden. Der Name des zufammengewundenen Haarbündels, welchen nun der vornehme Herr, wie der fchlichte Bürger am Kopfe trug, bezeichnet auch diefe nüchterne und fteife Bauweife, und

als die französische Revolution die staatlichen und gesellschaftlichen Verhältnisse über den Haufen geworfen hatte, als Zerrbilder der Republik und des Cäsarentums die Welt beherrschten, wurde, dem Original ungefähr ebenso ähnlich wie jene dem ihrigen, auch der Formenapparat jener antiker Zeiten wieder belebt.

XXIV.

Die Reaktion gegen das Abbild des antiken Cäsarentums brachte den Jahrhunderte langen Entwickelungsgang der alten Kultur da zu einem gewaltsamen Abschlusse, wo eine weitere gedeihliche Entwickelung ohnehin unmöglich geworden war, nachdem die Revolution die unausweichliche Folge des Entwickelungsganges gewesen, welchen alle Verhältnisse genommen hatten, die notwendige Folge der Revolution aber der Cäsarismus. Die edelsten Kräfte, die besten Geister bemühten sich, neue Einrichtungen zu schaffen und neue Formen zu finden, um denselben Ausdruck zu geben. Aber jeder wollte einen anderen Weg einschlagen. Die einen wollten mit Beseitigung alles Dagewesenen neue Staatenverhältnisse, neue Religionen, neue Verhältnisse der Einzelnen zum Staate und zur Religion bilden; die Verhältnisse der Gesellschaftsklassen sollten in ganz neuer Weise geordnet werden. Andere sahen in dieser oder jener Periode der Geschichte ihr Ideal erreicht und wollten dieselbe soweit als immer möglich, vielleicht sogar gänzlich wieder beleben. Kaum ein Land oder Volk der Vorzeit, kaum irgendeine Periode der Geschichte, die nicht als Vorbild aufgestellt worden wäre! Noch ist der Kampf zwischen all diesen Elementen nicht zum Abschlusse gekommen, obwohl Versuche der verschiedensten Art gemacht worden sind. Wird das Ende dieser Kämpfe bald eintreten? Wird bald eine der verschiedenen sich befehdenden Richtungen unbestritten herrschen wie in allen großen Kulturperioden, so daß Staat, Kirche, gesellschaftliche Verhältnisse, die Arbeit auf dem Gebiete der Wissenschaft und Kunst nach einem einzigen solchen Grundgedanken sich einrichten werden? Die Architektur, welche ähnliche Zustände zeigt und somit, wie sie allenthalben in schärfster Weise das Bild der Kulturzustände in greifbaren Formen zur Darstellung brachte, wird auch sie wieder in neuen einheitlichen Formen neuen Kulturverhältnissen Ausdruck geben? Werden es nationale sein, werden sie über die Grenzen der Nationen hinweg der gesamten zivilisierten Welt angehören? Was wird die Grundlage dieser neuen Architektur bilden, welche Aufgabe wird sie zu lösen haben? Einstweilen gehen alle denkbaren Richtungen nebeneinander her, seit erst die griechischen Bauformen als Reaktion gegen jene dem kaiserlichen Rom entnommenen auftraten, dann die Romantiker, unter sich selbst sich befehdend, die verschiedenen Perioden des Mittelalters teilweise als Anknüpfungspunkte hervorsuchten, teilweise sich deren gänzliche Wiederbelebung zur Aufgabe machten, seit dann auch die Renaissance in den verschiedenen Stadien ihrer Entwickelung von den Anhängern als allein berechtigt gepriesen wurde, seit auch der Barockstil, Rokoko und Zopf ihre Bewunderer und Vertreter gefunden, welche sie für berechtigter halten als jede andere Bauweise und ihre Pflege verlangen. Alle diese verschiedenen Anschauungen, welche während des letzten halben Jahrhunderts aufgetaucht sind, stehen heute noch auf dem Platze, ohne daß eine einzige imstande gewesen wäre, die übrigen zurückzudrängen, noch auch daß sie vermocht hätte, ganz auf dem Standpunkte zu bleiben, welchen jeder dieser Baustile zur Zeit seiner Blüte oder selbst während der ganzen Dauer seiner Entwickelung eingenommen. Nur zu einem haben sie uns geführt, zu gründ-

lichem Erforfchen aller Perioden der Architekturgefchichte. Aber die taufendfältigen neuen Aufgaben, welche fich aus der Entwickelung, die unfere Kultur genommen, ergeben haben, konnten nicht mit einem einzigen Formenfchema allein gelöft werden. Mußten doch felbft neue Baumaterialien gefucht und künftlich gefchaffen werden. Das Konftruktionswefen mußte eingehend ftudiert und weitgehend entwickelt werden, und fo ftehen wir heute auf dem Standpunkte, daß in einer Reihe von Bauwerken diefe Faktoren allein maßgebend find, teilweife unter Verwendung der Formen irgendeines hiftorifchen Bauftils, foweit folche eben paffen, und mehr oder weniger glücklicher Weiterentwickelung derfelben, teilweife unter vollftändiger Verleugnung irgendeines beftimmten Formenfyftems und Vernachläffigung der Formenbildung bis zur vollen Verwilderung.

Daneben find aber auch Verfuche aufgetaucht, einen neuen Stil zu erfinden. Andere Verfuche wollten mindeftens den Weg fuchen, auf welchem ein folcher gefunden werden könnte. Sie haben überfehen, daß nicht das Stil ift, was irgendeiner, und fei er der hervorragendfte feiner Fachgenoffen, erfindet, fondern was fich aus der gemeinfamen Arbeit von Generationen herausbildet als der Ausdruck des Geiftes, welcher je in der ganzen Generation lebendig ift. Die Frage nach dem Bauftil der Zukunft wird daher nicht in den Kreifen der Architekten entfchieden; derfelbe wird fich herausbilden aus dem Gange, welchen die Entwickelung aller unferer Verhältniffe nimmt; er wird national fein, wenn fich der Geift unferer Nation beftimmt und ftrenge von jenem anderer Nationen unterfcheidet; er wird gemeinfam fein, wenn alle Nationen den Gang ihrer geiftigen Arbeit nach dem gleichen Ziele lenken [2]).

Deshalb mußten auch bis jetzt alle Verfuche fcheitern, einen neuen Stil zu bilden, alle zu wenig befriedigenden Refultaten führen, die darauf ausgehen, einen der hiftorifchen Stile nach fubjektiven Meinungen umzugeftalten. So wenig es auch wahrfcheinlich ift, daß irgend ein Stil der Vergangenheit als Stil der Zukunft wieder lebendig werde, hat doch bis jetzt ftets der Anfchluß an einen hiftorifchen Stil fich glücklicher erwiefen als das Taften und Suchen, und nur jene Schöpfungen haben über den Augenblick hinaus dauernde Beachtung finden können, welche, auf volles Verftändnis eines Stils gegründet, diefen mit Bewußtfein und Sicherheit zu handhaben verftanden.

Deshalb ift für den heutigen Architekten das Gebiet des Studiums ein größeres, als es je war. Es handelt fich darum, die Aufgaben zu erkennen, welche unfere Zeit der Baukunft ftellt, und alles zu erforfchen, was die Vorzeit geleiftet, um über den gefamten reichen Schatz an Konftruktionen und Formen, welchen alle Zeiten gefchaffen haben, mit voller Sicherheit zu verfügen.

[2]) In das Ende des XIX. und den Anfang des XX. Jahrhunderts fällt wieder eine Zeit, in der ein neuer Stil, die „Moderne" gefchaffen werden foll. „Ein neues Gefchlecht ift fich feines Rechtes und feiner Pflicht bewußt geworden, nicht einfeitig in den Formen der Vergangenheit, fondern vor allem dem eigenen Kunftempfinden gemäß frei und zweckmäßig zu fchaffen."
Anmerkung der Red.

Literatur.

Um das weite Gebiet zu überſchauen, welches ſich heute den Studien des Architekten eröffnet, iſt eine gründliche Kenntnis der Literatur unerläßlich. Das „Handbuch der Architektur" will auch dafür einen Wegweiſer bieten, weshalb die Redaktion jeder Abteilung, bezw. jedem Abſchnitt, Kapitel uſw. nicht bloß einen Nachweis über die benutzten Quellen anfügen, ſondern auch auf andere, den gleichen Gegenſtand behandelnde Werke aufmerkſam machen will, ſelbſt wenn ſie ganz entgegengeſetzter Anſchauung ihren Urſprung verdanken. Der „Einleitung" müßte nun allerdings eine vollſtändige Überſicht der geſamten Literatur über „Theorie und Geſchichte der Kunſt" angefügt werden. Da indes im II. Teile (Hiſtoriſche und techniſche Entwickelung der Bauſtile) des vorliegenden „Handbuches" jene Literaturangaben Aufnahme finden werden, die ſich auf den geſchichtlichen Teil der Architektur und der Kunſt überhaupt beziehen, ſo konnte an dieſer Stelle auf die Literatur über „Geſchichte der Kunſt" verzichtet werden. Da es ferner zu weit gehen würde, alle in der Zeitſchriftenliteratur zerſtreut niedergelegten kleineren Aufſätze über „Theorie und Äſthetik der Kunſt" anzuführen, ſo glaubt die Redaktion auf die Nennung nachſtehender Werke ſich beſchränken zu können.

1) Bücher über „Theorie und Äſthetik der Baukunſt".

SCHELLING, F. W. J. Ueber das Verhältniß der bildenden Künſte zu der Natur. Landshut 1808 — Neue Ausgabe: Berlin 1843.

MÜLLER, E. Geſchichte der Theorie der Kunſt bei den Alten. Breslau 1834—37.

HÜBSCH, H. Die Architektur und ihr Verhältniß zur heutigen Malerei und Sculptur. Stuttgart 1847.

VISCHER, F. TH. Aeſthetik oder Wiſſenſchaft des Schönen etc. Theil III, Abſchn. 2, Heft 1: Die Baukunſt. Stuttgart 1852.

UNGER, F. W. Die bildende Kunſt. Aeſthetiſche Betrachtungen über Architektur, Sculptur und Malerei. Göttingen 1858.

LEVY, E. *Étude philoſophique ſur l'architecture.* Brüſſel 1859.

LASAULX, F. v. Philoſophie der ſchönen Künſte, Architektur, Sculptur etc. München 1860.

SEMPER, G. Der Stil in den techniſchen und tektoniſchen Künſten oder praktiſche Aeſthetik. Frankfurt a. M. u. München 1860—63. — 2. Aufl. Lief. 1-8: 1878—79 (unvollendet).

CARRIÈRE, M. Die Kunſt im Zuſammenhang der Culturentwickelung und die Ideale der Menſchheit. Leipzig 1863—74. — 3. Aufl. 1877—86.

HEYER, R. Das Syſtem der Culturgeſchichte des Menſchen, im Beſonderen das Syſtem ihrer tektoniſchen Form und der Bauſtil der Gegenwart. Stettin 1864.

RIEGEL, H. Grundriß der bildenden Künſte. Eine allgemeine Kunſtlehre. Hannover 1865. — 3. Aufl. 1875.

SCHASLER, M. Aeſthetik als Philoſophie des Schönen und der Kunſt. Berlin 1871—72.

DIPPEL, J. Handbuch der Aeſthetik und der Geſchichte der bildenden Künſte. Regensburg 1871.

HARPER's *Theory of the arts.* London 1872.

EIDLITZ, L. *The nature and function of art, more eſpecially of architecture.* London 1881.

ADAMY, R. Architektonik auf hiſtoriſcher und äſthetiſcher Grundlage. Hannover 1881 ff. (unvollendet).

MAERTENS, H. Praktiſche Aeſthetik der Baukunſt und der gewerblichen Künſte etc. Bonn 1887.

GÖLLER, A. Zur Aeſthetik der Architektur etc. Stuttgart 1887.

BECHLER, E. Das Weſen der Architektur etc. Berlin 1887.

UHDE, K. Die Konſtruktionen und die Kunſtformen der Architektur. Im Erſcheinen begriffen.

2) Umfaſſendere Werke über „Architektur".

BLONDEL, J. F. *Cours d'architecture enſeigné dans l'académie royale d'architecture.* Paris 1771—73. — 2. Aufl. 1798.

DURAND, J. L. N. *Précis des leçons d'architecture données à l'école royale polytechnique.* Paris 1802—05. — 2. Aufl. 1840.

WEISS v. SCHLEUSSENBURG, F. Lehrbuch der Baukunſt zum Gebrauche der k. k. Genie-Akademie Wien 1820—30. — Neue Aufl. 1870.

BORGNIS. *Traité élémentaire de conſtruction appliquée à l'architecture civile etc.* Paris 1823. — 2. Aufl. 1839.
GWILT, J. *An encyclopedia of architecture.* London 1842. — Neue Aufl. 1888.
REYNAUD, L. *Traité d'architecture.* Paris 1850—58. — 3. Aufl. 1867—70.
Die Schule der Baukunſt. Leipzig 1855—89.
RINGHOFFER, E. Lehre vom Hochbau. Brünn 1862. — 2. Aufl. 1878.
ASHPITEL, A. *Treatiſe on architecture.* London 1867.
VIOLLET-LE-DUC, E. E. *Entretiens ſur l'architecture.* Paris 1858—72.
Deutſche bautechniſche Taſchenbibliothek. Leipzig 1874—87.
Deutſches Bauhandbuch. Bd. I u. II: Baukunde des Architekten. Berlin 1879—84.
Baukunde des Architekten. Berlin. Erſcheint ſeit 1890.
CLOQUET, L. *Traité d'architecture.* Paris u. Lüttich. Erſcheint ſeit 1898.
PROKOP, A. Hochbau (Conſtructions- und Gebäudelehre). Herausg. vom Vereine „Der Bauconſtructeur" an der k. k. techn. Hochſchule in Wien unter der Leitung des Conſtructeurs der Lehrkanzel für Hochbau. H. DAUB. Wien 1899.

3) Wörterbücher und Gloſſarien.

A gloſſary of terms uſed in Grecian, Roman, Italian and Gothic architecture. London u. Oxford 1836. — 5. Aufl.: London 1851.
EHRENBERG, C. v. Bau-Lexikon. Frankfurt a. M. 1854.
MOTHES, O. Illuſtrirtes Bau-Lexikon. Leipzig 1857—59. — 4. Aufl. 1881—84.
CHABAT, P. *Dictionnaire des termes employés dans la conſtruction.* Paris 1878. — 2. Aufl. 1882.
BOSC, E. *Dictionnaire raiſonné d'architecture etc.* Paris 1876—80.
The dictionary of architecture. Iſſued by the Architectural Publication Society. London 1887—92.
PLANAT, P. *Encyclopédie de l'architecture.* Paris 1888—93.
AUDSLEY, W. J. & G. A. *Popular dictionary of architecture etc.* London 1880.
STURGIS, R. A. *Dictionary of architecture and building.* New York u. London. Erſcheint ſeit 1901.
SCHÖNERMARK, G. & W. STÜBER. Hochbau-Lexikon. Berlin 1904.

Handbuch der Architektur.

I. TEIL:

ALLGEMEINE HOCHBAUKUNDE.

Handbuch der Architektur.

I. Teil.

Allgemeine Hochbaukunde.

> Die technische Stilgerechtigkeit eines Werkes ist zunächst abhängig von den natürlichen Eigenschaften des Rohstoffes, der zu behandeln ist, und die derjenige genau kennen muß, der entweder selbst aus demselben ein technisches Werk hervorbringen will oder den Produzenten Anleitung, Vorschrift und Muster dafür vorzubereiten berufen ist . . .
>
> . . . Die Schwerkraft und die Resistenz der Materie gegen dieselbe sind die nächsten hier wirksamen Potenzen; es ist klar, daß die letzteren an Tätigkeit wachsen, je mehr die Last zunimmt . . .
>
> . . . Wer den Zwang der Säulenordnungen abwirft, muß sich dafür einen andern Kanon schaffen oder Charakter und subjektiven Ausdruck in der Baukunst geradezu verleugnen, ihr nur das Recht allgemein typischen Inhaltes zuerkennen. Wer keinerlei Fesseln kennt, dessen Kunst zerfällt in form- und bedeutungsloser Willkür.
>
> SEMPER, G. Der Stil etc. Frankfurt a. M. u. München 1860–63. Band I, S. 96; Band II, S. 369 u. 372.

Dem in der vorstehenden „Einleitung" entwickelten Gange des gegenwärtigen „Handbuches der Architektur" entsprechend, wird den drei Hauptteilen — „Baustile" — „Hochbau-Konstruktionen" — „Entwerfen, Anlage und Einrichtung der Gebäude" — ein allgemeiner Teil vorangehen, der diejenigen Gebiete behandeln soll, welche, als den genannten drei Teilen gemeinsam, denselben vorauszuschicken zweckmäßig erschien.

Zuerst soll der Baustoff — das Material, woraus die Werke der Architektur geschaffen werden, vorgeführt werden; hierauf werden die statischen Bedingungen und Grundsätze, nach denen der Baustoff für unsere Bauwerke verwendet werden soll, zu entwickeln sein; endlich wird es sich um die Darstellung der Kunstformen handeln, welche der Stoff unter Berücksichtigung seiner besonderen Eigenschaften und seiner Stabilitätsbedingungen in den einzelnen Bauteilen während der uns bekannten Kulturepochen erhalten hat. Hiernach ergaben sich für die „Allgemeine Hochbaukunde" die ersten drei Abteilungen:

Die Technik der wichtigeren Baustoffe.
Die Statik der Hochbaukonstruktionen.
Die Bauformen.

Die „Baumaterialienlehre", wie sie mehrfach an Technischen Hochschulen gelehrt wird und in verdienstvollen Büchern niedergelegt worden ist, hat sich im Laufe der Zeit zu einem Fachgebiet entwickelt, in dem eine eigentümliche Vereinigung von ziemlich verschiedenartigen Gegenständen zur Erscheinung gebracht ist. Außer dem bautechnischen Teile werden einzelne Partien aus der Mineralogie und Geognosie, aus der reinen und angewandten Chemie, aus der mechanischen Technologie, zum Teile auch aus der Botanik, aus der Metallurgie usw. herübergenommen; auf diese Weise ist der Umfang der Baumaterialienkunde in kaum mehr einzuschränkender Weise im Wachsen begriffen, und ihr äußeres Gepräge ist ein wenig ausgesprochenes und einheitliches geworden.

Aus diesen Gründen haben wir im vorliegenden „Handbuch" eine andere Behandlungsweise der „Baustoffe" gewählt — eine Behandlungsweise, bei der, so weit dies irgend anging, grundsätzlich alles fortgelassen wurde, was den Gebieten

der Mineralogie und Geognosie, der Chemie und Technologie, sowie anderen Hilfswissenschaften angehört. Wo es irgend möglich war, haben wir uns auf den bautechnischen Teil beschränkt und deshalb auch den Titel „Technik der Baustoffe“ gewählt. Wir glaubten zu diesem Verfahren umsomehr berechtigt zu sein, als ja auf anderen bautechnischen Fachgebieten in ganz ähnlicher Weise — nicht nur von uns, sondern ziemlich allgemein — vorgegangen wird. Mathematik und Naturwissenschaften, sowie die übrigen Hilfswissenschaften werden als bekannt vorausgesetzt und nur so viel davon herangezogen, als zum Verständnis erforderlich ist.

In der „Statik der Hochbaukonstruktionen“ glauben wir die „Elemente der Lehre von der Elastizität und Festigkeit“ vorausschicken zu sollen, nicht als ob wir die bestehenden vortrefflichen Werke von *Clebsch, Grashof, Ott, Winkler, Müller-Breslau, Keck* usw. für nicht ausreichend hielten, vielmehr deshalb, weil diese Schriften teils ganz andere, teils viel weitergehende Ziele verfolgen. Wir haben uns sowohl in den „Elementen der Festigkeitslehre“, als auch in der eigentlichen „Statik“ auf die dem Architekten am häufigsten vorkommenden Fälle beschränkt, dagegen durch Literaturangaben die weitere Erkenntnis dieser Wissenschaft anzubahnen und zu vermitteln gesucht. Weiters glaubten wir es nicht unterlassen zu sollen, neben dem analytischen auch die graphischen Verfahren aufzunehmen; dem Architekten, der stets Lineal und Zirkel zur Hand hat, wird hiermit ein umsomehr willkommener Dienst erwiesen worden sein, als wir die geometrischen Verfahren in solcher Weise eingeführt haben, daß keinerlei graphostatische Vorkenntnisse vorausgesetzt wurden.

Die „Bauformen“ sollen in erster Reihe die Gestalt und Bezeichnung der einzelnen Bauteile in systematischer Weise, an die Hauptstilepochen sich anlehnend, vorführen. Ohne diese Abteilung wären in den folgenden drei Teilen des gegenwärtigen „Handbuches“ Weitläufigkeiten und Wiederholungen nicht zu umgehen gewesen; ja es hätte nicht ausbleiben können, daß gewisse Themata an Stellen hätten behandelt werden müssen, wo dies nur in gezwungener Weise statthaft gewesen wäre.

Wenn hiernach unsere „Bauformenlehre“ auch an die Stelle eines einschlägigen „Glossariums“ treten kann, so hat sie doch vor diesem die streng wissenschaftlich-systematische und stilistische Behandlungsweise voraus und kann vor allem, indem sie überall von feststehenden ästhetischen Grundsätzen ausgeht, den formalen und sachlichen Zusammenhang wahren. Indes hat die in Rede stehende Abteilung noch den weiteren Zweck zu erfüllen, eine wesentliche Ergänzung des II. Teiles, der „Baustile“ zu bilden. Wird auch in den letzteren an der Hand der „historisch-technischen Entwickelung“ von einer Stilepoche auf die andere übergegangen, die eine als aus den Vorläufern hervorgegangen dargestellt werden, so wird es doch an einer unmittelbaren Nebeneinanderstellung der Bauformen verschiedener Zeitalter fehlen müssen. In diesem Sinne wird die dritte Abteilung des vorliegenden Teiles als „vergleichende Formenlehre“ auftreten und als solche die oben gedachte Aufgabe erfüllen.

Den vorhin genannten drei Abteilungen wurden noch als vierte, fünfte und sechste Abteilung angefügt:

Die Formenlehre des Ornaments.
Die Keramik in der Baukunst.
Die Bauführung.

Handbuch der Architektur.

I. Teil:

ALLGEMEINE HOCHBAUKUNDE.

ERSTE ABTEILUNG.

DIE TECHNIK
DER WICHTIGEREN BAUSTOFFE.

I. Teil, 1. Abteilung:

DIE TECHNIK DER WICHTIGEREN BAUSTOFFE.

Die Bauftoffe im allgemeinen.

Von † HANS HAUENSCHILD; neu bearbeitet von HUGO KOCH.

1. Bauftoff.

Die Architektur braucht zur Verkörperung des ihren Werken zu Grunde liegenden fchöpferifchen Gedankens den Stoff. Viel mehr als die übrigen Künfte ift fie davon abhängig; eben fo fehr wie die technifchen Künfte, zu denen fie ihrem Urfprunge nach gehört, ift fie daran gebunden. Gleich ihr find die technifchen Künfte aus den erften Lebensbedürfniffen des Menfchen hervorgegangen, fomit auch den Anforderungen des Zweckes, der Bildfamkeit des Stoffes und, in ihrer formalen Entwickelung und künftlerifchen Geftaltung, denfelben Grundgefetzen des Stils unterworfen wie die Architektur. Diefe hat fich mit den technifchen Künften entfaltet, und unter dem befruchtenden Einfluß derfelben auf das Werden der architektonifchen Grundform ift fie aus einer nützlichen Kunft zu einer fchönen Kunft herangereift; aus dem Bauen ift die Baukunft geworden, welche fich vermöge der Großartigkeit, Dauer und Bedeutung ihrer Werke, vermöge der Erhabenheit des Gedankens, welchen fie zu verkörpern haben, als die bedeutendfte und höchfte unter diefer Gruppe von Künften auszeichnet.

Wenn indes auch die Schöpfungen der Baukunft den edelften Zielen des menfchlichen Geiftes zu dienen haben, fo dürfen darüber doch nicht ihr Urfprung, der Zweck, dem das Werk zu dienen hat, der Stoff, aus dem es darzuftellen ift, vergeffen werden. Der Stoff ftellt feine Bedingungen, und Konftruktion und Form find davon abhängig. Dies ift zu allen Zeiten, insbefondere während der großen Kunftperioden, wohl erkannt und gewürdigt worden, und dadurch find die Bauftoffe auch auf die Entwickelung der Bauftile nicht ohne Einfluß geblieben. Tatfächlich bezeichnen auch ftets jene Epochen die höchfte Blüte eines Bauftils, in denen der Auswahl der Materialien die größte Sorgfalt zugewendet wurde. Schon die Pyramiden und Tempel Ägyptens, die Bauwerke Griechenlands geben Zeugnis davon. Die alten Römer hatten einen außerordentlich höher entwickelten Marmorhandel, als wir ihn im heutigen Italien finden; die edelften Marmorbrüche wurden ausfchließlich vom Staate verwaltet; der Steinbruchbetrieb gefchah unter Auffìcht eigener Präfekten, und für die richtige Mörtelbereitung forgten eigene Ädilen und Zenforen. Die Vorfchriften des *Vitruvius* haben für die Technik der Bauftoffe in vielen Fällen dauernde Giltigkeit. Auch die Baumeifter des Mittelalters waren mit den charakteriftifchen Eigenfchaften der Bauftoffe auf das innigfte vertraut; fie wählten diefelben mit äußerfter Sorgfalt aus und verftanden es, fie in äußerft fachgemäßer Weife zu verwenden[2]).

---

[2]) VIOLLET-LE-DUC, E. E. *Dictionnaire raifonné de l'architecture françaife etc.* 2. Aufl. Band 8. Paris 1866. S. 113.

2.
Kennzeichnende Eigenſchaften.

Die einzelnen Bauſtoffe kennzeichnen ſich durch beſondere Eigenſchaften, welche ſie für den jeweiligen Zweck mehr oder weniger geeignet machen. Bald iſt es das dichte Gefüge und die Eigenſchaft der Maſſe, ſich zu beliebiger Form und in regelmäßigen Stücken zu feſten Syſtemen zuſammenfügen zu laſſen, bei welchen die Widerſtandsfähigkeit gegen das Zerdrücken und Zerknicken der Grundgedanke der Konſtruktion iſt. Bald ſind es Weichheit und Bildſamkeit (Plaſtizität) des Stoffes, die Fähigkeit zu erhärten und die gegebene Form in erhärtetem Zuſtande unveränderlich zu behalten, welche die Verwendbarkeit für einzelne Strukturteile des Baues bedingen. Für andere Bauteile ſind es wiederum das langfaſerige Gefüge, die Spaltbarkeit, das geringe Gewicht, verbunden mit bedeutender Elaſtizität und Feſtigkeit, oder aber die Schmelzbarkeit und Dehnbarkeit, die Leichtigkeit, ſich mannigfaltiger Modelung und Geſtaltung zu fügen und dabei doch in hohem Grade widerſtandsfähig gegen jede Art ſtatiſcher Beanſpruchung zu ſein, welche das Material kennzeichnen und es für viele techniſche Zwecke geradezu unerſetzlich machen.

Neben dieſen Anforderungen an die Bauſtoffe iſt aber auch die Berückſichtigung ihres Verhaltens gegen die Einwirkungen der Zeit, gegen Luft, Waſſer und Feuer beim Bauen von großer Wichtigkeit. Endlich ſind es die Eigenſchaften teils äußerer Art, teils von innerem Wert, nämlich Schönheit der Struktur in Form und Farbe, Politurfähigkeit und Koſtbarkeit des Materials, die Fähigkeit, in einzelnen Stücken von außerordentlicher Größe gewonnen werden zu können, welche in äſthetiſcher Beziehung für deren Benutzung von beſonderer Bedeutung ſind.

So haben die verſchiedenen Bauſtoffe, jeder für ſich, den kennzeichnenden Ausdruck beſonderer Eigenart in ſich, und nur derjenige Architekt iſt ein Meiſter ſeiner Kunſt, welcher die Eigenſchaften der Bauſtoffe, inſoweit ſie ſeinen Zwecken dienen, genau kennt und entſprechend dieſen Eigenſchaften ihnen im Bauwerke die richtige Stelle anweiſt.

Von den Eigenſchaften, welche den Grad der Brauchbarkeit als Bauſtoff beſtimmen, kommen in erſter Linie die mechaniſchen der Arbeitshärte, der Feſtigkeit, Elaſtizität und Dauerhaftigkeit in Betracht. Auf dieſe Eigenſchaften ſollen alſo die Materialien erprobt werden, um dadurch ihre Qualität feſtzuſtellen Die Qualität an ſich iſt die Summe aller mechaniſchen Eigenſchaften.

Solange man aber den Zuſammenhang aller dieſer Eigenſchaften unter ſich nicht kennt, ſolange können auch Beobachtungen einzelner Eigenſchaften allein nicht ausreichen, um das Verhalten des Materials verſchiedener Verwendungsarten oder Beanſpruchungsweiſen gegenüber beurteilen zu können.

Hierzu gehört nach *Leppla* [4]):

1) das Studium der phyſikaliſchen Verhältniſſe, insbeſondere der Elaſtizitätserſcheinungen im weiteſten Sinne an den geſteinsbildenden Mineralien;

2) das Studium der chemiſchen Veränderungen, welche die geſteinsbildenden Minerale unter dem Einfluß von Waſſer, Sauerſtoff, Kohlenſäure, ſchwefeliger Säure, Humusſäure, Salzlöſungen uſw. erleiden;

3) das Auffinden von Methoden zur Beſtimmung der Mengenverhältniſſe der einzelnen Gemengteile in den zuſammengeſetzten Geſteinen, vielleicht auf Grund der Trennungen nach dem ſpezifiſchen Gewicht mittels ſpezifiſch ſchwerer Flüſſigkeiten, und

4) die Berückſichtigung der Zuſammenſetzung und Struktur der Geſteine, insbeſondere die Einführung der mikroſkopiſchen Methoden.

[4]) Siehe: Baumaterialienkde., Jahrg. 4, S. 40.

3. Prüfungs-anftalten.

Das Feftftellen derjenigen Eigenfchaften, welche ein Material für einen beftimmten Zweck brauchbar machen, und des Grades der Brauchbarkeit einzelner Materialien zu einem beftimmten Zwecke ift die Aufgabe der Prüfungsanftalten.

Die Prüfungsanftalten follten mit der nötigen Autorität ausgerüftet fein, damit Private und Behörden unbedingtes Vertrauen in die richtige und gewiffenhafte Entfcheidung derfelben fetzen können. Sie follten daher von fpeziellen Fachmännern geleitet werden, die, ausgerüftet mit den nötigen Hilfsmitteln und fich gegenfeitig ergänzend und fördernd, die Qualität der Materialien nach einheitlichen Gefichtspunkten feftfetzen, mit Rückficht auf den jeweiligen Verwendungszweck, bei Lieferungen das Einhalten der geforderten Eigenfchaften kontrollieren und bei Streitigkeiten ein maßgebendes und entfcheidendes Urteil abgeben.

Diefe Prüfungsarbeiten follen daher ftaatlich autorifierte oder unmittelbare Staatsanftalten fein, wie folche fchon bei den Römern beftanden haben und wie fie für Maß und Gewicht, für Edelmetalle und Spirituofen ufw. ohnedies fchon beftehen.

4. Verfuchs-ftationen.

Die Unterfuchung jedoch des Zufammenhanges und der Abhängigkeit der verfchiedenen mechanifch-technifchen Eigenfchaften der Materialien untereinander und voneinander, fowie die Feftftellung des gefetzmäßigen Einfluffes chemifcher und phyfikalifcher Eigenfchaften und Wirkungen auf die mechanifchen Eigenfchaften und, damit zufammenhängend, die Klarlegung des Einfluffes der verfchiedenen Herftellungs-, Verarbeitungs- und Verwendungsweife ift Aufgabe der Verfuchsanftalten. Diefe haben fonach gleichzeitig die Feftftellung und Kontrolle der Prüfungsmethoden und Wertbeftimmungen der Prüfungsanftalten auf Grund der allgemeinen Verfuchsergebniffe zur Aufgabe und die Fortbildung und Hebung der betreffenden Induftrien in Herftellung, Verarbeitung und Anwendung der Bauftoffe zu fördern, ähnlich den für andere Zweige der Induftrie beftehenden Verfuchsanftalten.

Aus dem Zufammenwirken beider Arten von Anftalten, welche meiftens vereinigt find, und aus der Praxis der Erzeuger und Verbraucher von Bauftoffen ergeben fich in naturgemäßer Weife allgemein gültige einheitliche Beftimmungen über die Anforderungen, welche für verfchiedene Beanfpruchungen an die einzelnen Gruppen der Bauftoffe zu ftellen find; es entftehen einheitliche Klaffeneinteilung, einheitliche Lieferungsbedingungen und einheitliche Prüfungsvorfchriften[4]).

5. Einheitlichkeit der Unterfuchungs-methoden.

Eine Hauptbedingung, welche alle Prüfungsanftalten und alle Materialprüfungen erfüllen müffen, wenn fie Wert befitzen follen, ift, daß die Ergebniffe der Prüfungen untereinander vergleichbar und prüfungsfähig find. Nur dann ift es möglich, fie mit Nutzen zu allgemeinen wiffenfchaftlichen Schlüffen und zu ficheren Grundlagen für die Anwendung in der Praxis zu verwenden. Vorläufig weichen aber noch häufig die Prüfungsergebniffe der verfchiedenen Anftalten mit demfelben Material fehr erheblich voneinander ab. Ob dies von der verfchiedenen Größe der benutzten Proben, von der Verfchiedenheit der Prüfungsmafchinen oder fonftigen Umftänden abhängt, ift bisher nicht aufgeklärt worden.

6. Andere Mißftände.

Alle auf den häufigen Konferenzen über einheitliche Unterfuchungsmethoden feftgeftellten Beftimmungen und Vorfchriften können ferner nicht über den großen Übelftand hinwegfetzen, daß feitens der Material-Prüfungsanftalten amtliche Zeugniffe über folche Materialien erteilt werden, welche Unternehmer und Fabrikanten felbft zur Prüfung einreichen. Es liegt in deren Vorteil, nur ausgefuchtes und

[4]) In Teil IV, Halbband 6, Heft 2, b diefes »Handbuches« wird von den Material-Prüfungsanftalten eingehend gefprochen werden.

beftes Material erproben zu laffen, nicht aber die Durchfchnittsware, welche von ihnen tatfächlich geliefert wird. Nur dann find die Prüfungen und die Zeugniffe von wirklichem Wert, wenn die Proben von unintereffierten und einwandfreien Perfonen den Anftalten überwiefen werden, alfo z. B. auch von denen, welche die Materialien fpäter benutzen wollen. Die Zeugniffe würden unter folchen Umftänden einen ganz anderen Wert haben als folche, welche z. B. bei Proben von Sandfteinen oder Ziegeln mit der Erklärung beginnen, daß diefe Stücke „angeblich“ aus dem oder jenen Bruche oder aus diefer oder jener Ziegelei ftammen. Dies ift der Grund, daß von erfahrenen Baumeiftern jenen Zeugniffen gar kein Wert beigemeffen wird.

Verfuche mit kleinen würfelförmigen Steinen von 4 bis 10 cm Seitenlänge in bezug auf Druckfeftigkeit des Materials haben immer ein wefentlich günftigeres Ergebnis, als dies bei großen Blöcken der Fall fein würde. Denn bei letzteren können alle zufälligen fchlechten Eigenfchaften eines Steines vorkommen, alfo Stiche, weichere Stellen, Einfprengungen ufw., welche bei jenen kleinen, forgfältig ausgefuchten Proben fehlen. Man kann alfo bei Haufteinen auch aus diefem Grunde nicht mit den Angaben der Verfuchsanftalten rechnen, fondern muß einen ziemlich großen Sicherheitsfaktor annehmen, welcher nach *Rankine* nicht geringer als 8 fein follte.

Auch die Unterfuchungen über Wetterbeftändigkeit, wenn auch vollkommener als früher, geben doch keine zweifelsfreien Ergebniffe. Der Baumeifter tut deshalb heute noch gut, neben jenen Zeugniffen auch noch das Verhalten der Gefteine an alten Bauwerken zu berückfichtigen und vor allem an Grabdenkmälern auf Kirchhöfen, bei welchen die Angabe des Todesjahres immer den Rückfchluß auf das Alter des Denkmales zuläßt. Es wäre aber ein Fehler, aus dem Verhalten des Steines auf dem Kirchhof einer ländlichen Gemeinde ohne weiteres einen Schluß auf feine Tauglichkeit für ein Bauwerk in einer großen Stadt ziehen zu wollen. Hier können z. B. Rauchgafe, welche in dem kleinen Ort fehlten, einen recht verderblichen Einfluß auf feine Haltbarkeit ausüben, wie überhaupt chemifche Einwirkungen, z. B. die des Mörtels, heute noch viel zu wenig beachtet werden.

7.
Einteilung.

Die Bauftoffe werden entweder als notwendige Hauptbeftandteile der Bauwerke, als Konftruktionsmaterialien, angewendet, finden wenigftens ihre hauptfächlichfte und wichtigfte Anwendung als folche, oder fie dienen dazu, den fertigen Konftruktionen zum Schutze oder zur Zierde zu dienen, fie zu ergänzen oder auszubauen; dies find die Materialien des Ausbaues. Aus der Natur der verfchiedenartigen Bauftoffe ergiebt fich übrigens von felbft, daß eine ftrenge Scheidung nach der Seite der Konftruktion oder des Ausbaues nicht angeht, daß vielmehr fämtliche Konftruktionsmaterialien zugleich dem Ausbau dienen können, und daß manche Materialien des Ausbaues auch Beftandteile von raumbegrenzenden Konftruktionen werden können, je nachdem der Begriff der Konftruktion enger oder weiter aufgefaßt wird. Andererfeits aber würde eine Trennung der Art nach zufammengehöriger Bauftoffe logifch und technifch ftörend wirken.

Literatur.

Bücher über „Bauftoffe im allgemeinen“.

ACCUM, F. Phyfifche und chemifche Befchaffenheit der Baumaterialien etc. Berlin 1826.

WOLFRAM. Vollftändiges Lehrbuch der gefammten Baukunft. Band 1: Lehre von den Bauftoffen. Stuttgart 1833.

DEMPP. Lehre von den Baumaterialien. München 1842.

Wolfram. Handbuch für Baumeiſter. Theil 1: Baumaterialien. Quedlinburg 1847.
Linke, G. Vorträge über Baumaterialien am k. Gewerbe-Inſtitute und der k. allgemeinen Bauſchule. Berlin 1848.
Schmid, C. Die Baumaterialien aus dem unorganiſchen Reiche. München 1852.
Wedeke & Romberg. Die Baumaterialien-Lehre. 1852.
Runge, L. Vorträge über Baumaterialien. Berlin 1853.
Gerstenbergk, H. v. Katechismus der Baumaterial-Kunde für angehende Architekten und Ingenieure, ſowie für Zimmerer, Maurer. 1. u. 2. (Titel-) Ausg. Berlin 1855.
Delesse. *Les matériaux de conſtruction de l'expoſition univerſelle de 1855.* Paris 1856.
Schlegel, C. F. Lehre von den Baumaterialien. 2. Aufl. Leipzig 1857.
Köllsch, C. Die Baumaterialien-Kunde für ausführende Bautechniker etc. Braunſchweig 1861.
Visser, J. E. Die Baumaterialien etc. Emden 1861.
Kersten, E. Die Baumaterialien-Kunde mit beſonderer Berückſichtigung der Ziegel- und Kalk-Brennerei. Leipzig 1863.
Engel, F. Hochbau-Materialienkunde für Maurer- und Zimmermeiſter, Bau-Unternehmer etc. Wriezen 1863.
Die Schule der Baukunſt: Die Lehre von den Baumaterialien und den im Baufache zur Verwendung kommenden techniſchen Erzeugniſſen. Von J. Wenck. Leipzig 1863.
Grueber, B. Allgemeine Baukunde. Theil 1: Die Baumaterialien-Lehre. Berlin 1863.
Ziegler, C. Die Lehre von den Baumaterialien für angehende Bauhandwerker. München 1864.
Menzel, C. A. Die Baumaterialien des Maurers etc. Herausg. von C. Schwatlo. Halle 1866. — 2. Aufl. 1883.
Chateau, Th. *Technologie du bâtiment, ou étude complète des matériaux de toute eſpèce employés dans l'art de bâtir, conſidérés au point de vue de leur nature, leurs propriétés chimiques et phyſiques, leurs qualités et défauts etc.* Paris 1866–82. — 2. Aufl. 1880–82.
Gottgetreu, R. Phyſiſche und chemiſche Beſchaffenheit der Baumaterialien. Berlin 1869. — 3. Aufl. 1879.
Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausſtellung im Jahre 1873. Band 2. Braunſchweig 1874. Hochbau. S. 309. — Steinwaaren. S. 404. — Thonwaaren. S. 422.
Böhme. Die Feſtigkeit der Baumaterialien etc. Berlin 1876.
Hauenschild, H. Katechismus der Baumaterialien. Wien 1878–80.
Blair, W. N. *The building materials of Otago and South New Zealand generally.* Dunedin 1879.
Schmidt, O. Die Baumaterialien. Berlin 1881.
Strott, G. K. Die Baumaterialien. Halle 1883. — 2. Aufl.: Holzminden 1894.
Meister, U., F. Locher, A. Koch & L. Tetmajer. Die Baumaterialien der Schweiz an der Landesausſtellung 1883. — 4. Aufl. 1884.
Thurston, R. H. *The materials of engineering.* New York 1883–84.
Moser, R. Bericht über Gruppe 18 der ſchweizeriſchen Landesausſtellung Zürich 1883: Baumaterialien. Zürich 1884.
Debauve, A. *Procédés et matériaux de conſtruction. Tome III: Matériaux de conſtruction, pierres, chaux et mortiers, maçonneries, bois, métaux.* Paris.
Handbuch der chemiſchen Technologie. Herausg. von Bolley-Birnbaum. 6. Bandes 1. Gruppe: Die chemiſche Technologie der Baumaterialien und Wohnungseinrichtungen. Braunſchweig 1885.
Thurston, R. H. *A text-book of the materials of conſtruction etc.* New York 1885.
Haassengier, F. Katechismus für Baumaterialienkunde. Deutſch-Krone 1891.
Glinzer, E. Kurzgefaßtes Lehrbuch der Bauſtoffkunde, nebſt einem Abriß der Chemie etc. Dresden 1893. — 3. Aufl. 1903.
Schubert, H. Kurzgefaßtes Lehrbuch der Baumaterialienkunde etc. Leipzig 1897.
Krüger, R. Handbuch der Bauſtofflehre. Wien 1898.
Zahn, H. Baumaterialien-Lehre mit beſonderer Berückſichtigung der badiſchen Bauſtoffe. Karlsruhe 1898.
Weber's illuſtrierte Katechismen. Nr. 171: Katechismus der Bauſtofflehre. Von W. Lange. Leipzig 1898.
Issel, H. Illuſtrirtes Handlexikon der gebräuchlichen Bauſtoffe. Leipzig 1902.
Baudron, E. *Connaiſſance, recherche, choix et eſſais des matériaux de conſtruction et de ballaſtage.* Paris 1903.
Foerster, M. Lehrbuch der Baumaterialienkunde etc. Leipzig 1903.
Ferner:
Baumaterialienkunde. Herausg. u. red. von H. Giessler. Stuttgart. Erſcheint ſeit 1896.

I. Teil, I. Abteilung:

DIE TECHNIK DER WICHTIGEREN BAUSTOFFE.

1. Abſchnitt.
Konſtruktionsmaterialien.

1. Kapitel.
Stein.

Von HANS HAUENSCHILD; neu bearbeitet von HUGO KOCH.

a) Allgemeines.

8. Eigenſchaften.

Stein iſt nebſt Holz das älteſte der Konſtruktionsmaterialien, das natürlichſte und weitverbreitetſte, welches alle Bedingungen eines guten Bauſtoffes in ſich vereinigt und deshalb zu allen Zeiten und überall ſeinen Platz als hervorragendſtes Baumaterial behaupten wird, wenn es auch zeitweilig und örtlich durch andere Bauſtoffe verdrängt wird. Seine ſtatiſchen, techniſchen und äſthetiſchen Eigenſchaften vereinigen ſich ſo außerordentlich mannigfach zu verſchiedenen Abſtufungen, daß für jeden Bauzweck und für die ſtrengſten Anforderungen reiche Auswahl geboten iſt. Es unterliegt keinem Zweifel, daß der Stein es war, deſſen Eigenſchaften zur Ausbildung der verſchiedenen Bauſtile führten, daß ohne Stein keine Gewölbe entſtanden wären, daß die eigentlich monumentalen Bauten nur aus Stein gebildet werden können, daß der Inbegriff des Feſten und Dauernden ſtets an Stein gebunden erſcheint.

Die Feſtigkeit, Dauerhaftigkeit, Formbarkeit und Schönheit finden ſich an keinem anderen Bauſtoff ſo gleichmäßig bedeutſam verkörpert.

Die Verwendbarkeit des Steines als Bauſtoff hat ſich ſo naturnotwendig aufgedrängt, daß man zu allen Zeiten und an allen Orten, wo feſte Niederlaſſungen entſtanden ſind und die Kultur aufgeblüht iſt, in Ermangelung genügender natürlicher Bauſteine nach Erſatzmitteln hierfür ſuchte. Dies waren die künſtlichen Bauſteine, insbeſondere die Backſteine oder Ziegel.

Je mehr die Eigenſchaften eines künſtlichen Bauſteines den Eigenſchaften eines guten natürlichen Bauſteines gleichkommen, deſto wertvoller iſt er. Wir ſind gegenwärtig in dieſer Beziehung in einem Zeitabſchnitt höchſten Fortſchrittes, und die künſtlichen Steine erhalten häufig ſelbſt dann den Vorzug, wenn Bruchſteine um den gleichen oder ſogar um einen geringeren Preis zu erhalten ſind.

9. Feſtigkeit im allgemeinen.

Die „Technik der Bauſteine“ macht zunächſt eine Betrachtung ihrer Eigenſchaften erforderlich.

Die Feſtigkeit der Bauſteine iſt diejenige Eigenſchaft, welche in erſter Linie von einem brauchbaren Bauſtein gefordert wird.

Sie hängt einerſeits von den mineralogiſchen Geſteinselementen, andererſeits von der Homogenität nach allen Richtungen ab, ſteht daher bei gleicher mineralogiſcher Zuſammenſetzung und gleichem Bindemittel im umgekehrten Verhältnis zur Poroſität. Es wäre indes verkehrt, eine unmittelbare Beziehung von Eigengewicht und Feſtigkeit deshalb als geſetzmäßig anzuſehen, ſelbſt bei Geſteinen gleicher mineralogiſcher Beſchaffenheit und gleicher Herkunft. Die Verſuche von *Böhme*[*]) haben dargetan, daß Kalkſteine und Sandſteine von derſelben Art und demſelben Eigengewichte nicht nur außerordentlich verſchiedene Feſtigkeiten beſitzen können, ſondern daß auch nicht ſelten die Feſtigkeit ſpezifiſch leichterer Kalk- und Sandſteine größer iſt als die von Steinen gleicher Art mit ſpezifiſch höherem Gewichte. Die bisherigen Feſtigkeitsbeſtimmungen haben daher keine charakteriſtiſchen Feſtigkeitsverhältniſſe für beſtimmte Geſteinsarten ſchaffen können.

Schon die Feſtigkeiten der einzelnen Mineralien oder Geſteinselemente ſind noch nicht feſtgeſtellt; ferner bedingt auch bei einfachen Geſteinen kriſtalliniſcher Struktur der Spaltbarkeitsunterſchied der einzelnen Elemente nach verſchiedenen Richtungen verſchiedene Kohäſionsgrade. Auch ſind die einzelnen Geſteinselemente ſtets faſt ganz regellos gelagert; die Bruchreſultante wird dadurch noch komplizierter, um ſo mehr bei gemengten Geſteinen aus verſchieden feſten und verſchieden ſpaltbaren Elementen. Bei ſedimentären und beſonders bei klaſtiſchen Geſteinen, alſo bei Sandſtein, iſt aber nicht in erſter Linie das Geſteinselement, ſondern die hier nie fehlende Kittſubſtanz für die Feſtigkeit maßgebend. Die außerordentlich verſchiedene Art der Kittſubſtanz, ihre Menge und Verteilung bewirken die oben erwähnten Unterſchiede.

Die Unterſchiede in der Feſtigkeit ſind deshalb naturgemäß größer bei ſolchen Geſteinen, deren Geſteinselemente Kriſtalle ſind und abhängig von der Anordnung und Größe der letzteren. Aus allen dieſen Gründen erſchien bis jetzt die Ausnutzung der wirklichen Feſtigkeit nur mit ſehr hohen Sicherheitskoeffizienten erlaubt, und tatſächlich iſt der übliche, ziemlich hohe Sicherheitsgrad auch aus der von der Natur der Steine abhängigen Art der Verbindung zu Konſtruktionen, welche häufig wenig ſcharf ausgeführt wird, wenigſtens im allgemeinen gerechtfertigt.

Aber nicht nur die Quantität der Feſtigkeit iſt für die praktiſche Verwendung wichtig; auch die Qualität derſelben ſpielt, beſonders bei gewiſſen Beanſpruchungen, eine wichtige Rolle. Qualitativ verſchieden erſcheint die Feſtigkeit in dem verſchiedenen Widerſtandsgrade gegen Lostrennung einzelner Teilchen oder gegen Spaltung durch Schneiden oder Spitzen, entweder unter bloßem Drucke oder unter Stoßdruck. Von einer ſcharfen Elaſtizitätsgrenze iſt aus den oben angeführten Gründen als einer geſetzmäßigen Funktion zwiſchen Quantität und Qualität nichts zu merken. Bei vielen Steinen bewirken ſchon ſehr kleine Kräfte bleibende Veränderungen; dies iſt bei poröſen und weichen Steinen der Fall. Eine annähernde Proportionalität zwiſchen Längenänderung und Belaſtung findet dabei erſt bei höherer Belaſtung bis nahe der Zerſtörungsgrenze ſtatt. Bei ſehr homogenen und feſten Steinen iſt dieſe Proportionalität ſchon anfangs deutlicher und bleibt bis hart an die Zerſtörungsgrenze gleich.

10. Zugfeſtigkeit.

Auf Zugfeſtigkeit werden die Bauſteine in den Hochbaukonſtruktionen nur ſehr ſelten unmittelbar beanſprucht; deshalb iſt ſie bisher auch nur von wenigen Steinſorten beſtimmt worden, obwohl ſie mittelbar eine nicht geringe Zahl von

[*]) Über das Verhältnis zwiſchen der Druckfeſtigkeit und dem ſpecifiſchen Gewicht von Bruchſteinen. Deutſche Bauz. 1882, S. 353.

Auffchlüffen über Zähigkeits- und Elaftizitätsverhältniffe, fowie über die Schwankungen der Kohäfion nach verfchiedenen Richtungen geben würde. Da die wenigften Gefteine auch nur annähernd homogen find, fo ift ihr Zufammenhang und damit die Zugfeftigkeit nach der Richtung fenkrecht zum Lager und parallel dazu meift bei einem und demfelben Stein fchon fehr verfchieden. Von einem gefetzmäßigen Verhältnis der Zugfeftigkeit zur Druckfeftigkeit kann daher im allgemeinen wohl nicht die Rede fein.

Für verfchiedene Gefteinsforten fchwankt diefes Verhältnis zwifchen 1:8 und 1 : 57. Je fpröder ein Stein ift, defto größer ift feine Druckfeftigkeit gegenüber der Zugfeftigkeit; je zäher, defto mehr wächft die Zugfeftigkeit gegenüber der Druckfeftigkeit.

Die Zugfeftigkeit fchwankt auch bei einem und demfelben Stein mit dem verfchiedenen Grade der Trockenheit oder Durchnäffung. Wafferfatte Steine verlieren ftets an Zugfeftigkeit, und diefer Verluft an Feftigkeit kann bei Gefteinen mit erweichendem Bindemittel fo groß werden, daß der Zufammenhang unmittelbar gefährdet erfcheint.

Braun *) hat auf diefe Tatfache eine Beftimmung der Froftbeftändigkeit gegründet. Danach ift ein Stein zerfrierbar, wenn feine Zugfeftigkeit in wafferfattem Zuftande geringer ift als die Expanfionskraft des in feinen Poren im Moment des Gefrierens enthaltenen Waffers.

Die vom gefrierenden Waffer entwickelte mechanifche Arbeit wird von *Braun* auf 33,68 Kilogr.-Meter angegeben.

Die Zugfeftigkeit ift aber auch in unmittelbarer Abhängigkeit vom Querfchnitt und von der Form des Probeftückes, wie *Hartig* an Zementkörpern nachgewiefen hat. Beim Anftellen von Zugproben, die vergleichbar fein follen, find deshalb einheitlicher Querfchnitt und einheitliche Form notwendig. Am geeignetften erfcheint hierzu die bei den Zementprüfungen eingeführte Achtform mit 5^{qcm} Zerreißquerfchnitt. Die Proben werden annähernd doppeltfchwalbenfchwanzförmig geftaltet und behufs genauer Einfpannung in einer Zementform von beftem Portlandzement oder noch beffer von *Sorel*'fchem Magnefiazement gegoffen und nach entfprechender Erhärtung auf dem *Michaëlis*'fchen Zugfeftigkeitsapparat zerriffen.

Nach dem Gefagten muß abgeraten werden, natürliche Gefteine bei Bauten auf Zug in Anfpruch zu nehmen.

Bei künftlichen Steinen ftimmen die Zugfeftigkeiten, entfprechend der forgfältigen Mifchung und Anfertigung, viel genauer überein und wechfeln bei gebrannten künftlichen Steinen je nach der phyfikalifch-chemifchen Zufammenfetzung und der Verdichtung beim Brande. Backfteine zeigen 25 bis 50^{kg} Zugfeftigkeit; bei Klinkern fteigt diefelbe bis auf 100^{kg} für 1^{qcm}.

11. Druckfeftigkeit.

Öfter als die Zugfeftigkeit wurde die bei weitem häufiger ausgenutzte Bruchfeftigkeit, am meiften jedoch die Druckfeftigkeit der Steine ermittelt.

Die Beftimmung der Druckfeftigkeit von Stein ift die wichtigfte Prüfung, da die Beanfpruchung auf Druck in den weitaus meiften Fällen allein für die Auswahl maßgebend ift und aus der Druckfeftigkeit meift auch mittelbare Schlüffe auf die übrigen technifchen Eigenfchaften gezogen werden können.

Um aber bei Druckfeftigkeitsbeftimmungen richtige Ergebniffe erhalten zu können, ift es nötig, fich zu erinnern, daß eine und diefelbe Gefteinsforte aus

*) Siehe: *Moniteur de la ceramique* 1884, Nr. 4.

einem Bruche sehr verschiedene Grade der Mischung und Lagerung der einzelnen Bestandteile besitzen, daß der Erhaltungsgrad der das Gestein zusammensetzenden Mineralien oder der ganzen Schicht eine wechselnde sein und daß die Porosität schon auf kleinste Entfernungen sich ändern kann.

Ferner sind die Art der Bearbeitung, die Form und Größe der Probestücke, sowie die Art der zur Verfügung stehenden Festigkeitsprüfungsmaschine und die Ausführung der Versuche selbst von wesentlichem Einfluß auf die Ergebnisse.

Auch die Druckfestigkeit der Gesteine wird durch Wasseraufnahme verringert; doch steht diese Verminderung in keinem Verhältnis zur Größe der Wasseraufnahme selbst, so daß es scheint, als würde bei klastischen Gesteinen das erdige oder kalkige Bindemittel dadurch nicht nur einer mechanischen, sondern auch einer chemischen Veränderung unterworfen, welche die Auflockerung der Gemengteile verursacht.

Zur Erlangung einheitlicher, allerorts und jederzeit vergleichbarer Ergebnisse hat die internationale Konferenz in Dresden für die einheitliche Bestimmung der Druckfestigkeit von Bausteinen die folgenden Beschlüsse gefaßt.

1) Neben der petrographischen und geologischen Bezeichnung des Steines ist sowohl der Bruch als auch die Bank, denen die Proben entnommen wurden, genau anzugeben. Ebenso die Zeit der Gewinnung, bezw. der Lagerung. Bei starker Bruchfeuchtigkeit hat die Gewinnung in trockener Jahreszeit zu geschehen.

Da es für die Prüfenden unter Umständen schwer ist, die Richtigkeit der Angaben der Antragsteller bezüglich der mineralogischen Bezeichnung der Gesteine zu prüfen, empfiehlt es sich, auf diese Prüfung, sofern nicht das Gegenteil verlangt wird, ausdrücklich zu verzichten und dies im Prüfungszeugnisse auszusprechen; andererseits ist es erwünscht, augenfällige Unrichtigkeiten in der Bezeichnung der Gesteine durch entsprechende Mitteilung an den Antragsteller zu beseitigen.

Ähnlicherweise möge gegebenenfalls auf eine Prüfung der Angaben über den Herkunftsort und über die Bezeichnung derjenigen Bank des Bruches, welcher das Probematerial entnommen ist, verzichtet und im Prüfungszeugnis etwa der Wortlaut gewählt werden: „Der Angabe nach dem . . . . . . Bruche, sowie der . . . . . . Bank entnommen.“

2) Es empfiehlt sich, daß die Prüfenden vor Einleitung der Prüfung die vom Einsender beabsichtigte Art der Verwendung (als Bau- oder Hausteine, als Trottoir-, Schotter- oder Pflastersteine) feststellen und danach, nicht nach dem zufälligen Wortlaut der Bestellung, die Prüfung vornehmen.

3) Steine, welche als Hausteine beim Hoch- oder Tiefbau verwendet werden, sollen auf Druckfestigkeit geprüft werden, und zwar in Würfelform, mit gehobelten Druckflächen ohne Zwischenlagen zwischen den Druckplatten liegend, von denen eine nach allen Seiten hin frei beweglich sein muß.

Die Druckfestigkeit soll je nach dem Verwendungszweck senkrecht oder parallel zum Lager oder nach beiden Richtungen geprüft werden, und zwar für jede Richtung an mindestens 3 Probestücken.

Die Probestücke sollen möglichst groß, entsprechend der Festigkeit des Steines und der Maximalkraft der Maschine gewählt werden; doch reicht für minder feste Steine eine Größe von 10 cm Kantenlänge aus.

4) Außerdem sollen wo möglich an prismatischen Probestücken für von Intervall zu Intervall fortschreitende Drucke die Verkürzungen gemessen werden, um daraus das Arbeitsdiagramm herstellen zu können. In ähnlicher Weise sind Zug- und Biegungsversuche anzustellen und zu verwerten.

5) Die Probekörper sollen im vollkommen, bei einer Temperatur von 30 Grad C. bis zum konstanten Gewicht getrockneten Zustande zur Verwendung kommen.

6) Es soll stets das spezifische Gewicht (Gewicht der Raumeinheit, Einheitsgewicht) der Steine ermittelt werden, und zwar nach dem Trocknen bei 30 Grad C.

12. Abscherungs- und Bruchfestigkeit, Elastizität.

Für die Abscherungsfestigkeit gilt dasselbe, was von der Druck- und Zugfestigkeit bezüglich des Einflusses der verschiedenen Faktoren gesagt wurde.

Die Bestimmung der Bruchfestigkeit kann wegen mangelnder Homogenität und wegen des von Fall zu Fall schwankenden Verhältnisses zwischen Druck- und

Zugfestigkeit nur wenig Übereinstimmung zeigen. Die Ergebnisse sind wenig zufriedenstellend.

Aus der gleichen Ursache ist bei Bausteinen die Bestimmung der Elastizität eine der schwierigsten und in den seltensten Fällen übereinstimmenden Arbeiten. Befriedigende Gesetze ließen sich bisher hierüber nicht finden, da jede Beanspruchung meist schon neben der elastischen Formveränderung eine bleibende Formveränderung hervorruft und eine scharfe Elastizitätsgrenze schwer festzustellen ist.

13. Formbarkeit.

Nebst der Festigkeit ist die Formbarkeit die hauptsächlichste technische Eigenschaft der Bausteine.

Soweit wir die natürlichen Bausteine in das Auge fassen, ist sie der Ausdruck der Besiegbarkeit der starren Masse und zugleich des praktisch nicht überwindbaren Widerstandes gewisser Sorten durch das formende Werkzeug. Die Formbarkeit hängt mit Quantität und Qualität der Festigkeit, mit Härte und Porosität, sowie mit der Einzelstruktur der Gesteine zusammen.

Bei Steinen derselben Gruppe ist stets der technisch härteste auch der tragfähigste, und die wachsende mineralogische Härte, wie sie z. B. bei Kalksteinen mit zunehmendem Gehalt an Kieselsäure auftritt, geht genau parallel mit der wachsenden technischen Härte.

Spröde Gesteine eignen sich für gewisse Bearbeitungszwecke besser als zähe, da durch Stoß größere Partien losgetrennt werden können, während man zähe, namentlich Hornblendegesteine und Serpentin, nur schneiden oder drechseln kann, wenigstens nach dem heutigen Standpunkte der Steintechnik; denn die alten Inder und Ägypter verstanden es, gerade die zähesten Gesteine, wie Diabas und Basalt, zu Statuen zu formen.

Die Einzelstruktur ist von großem Einflusse auf die Brauchbarkeit bezüglich der Formgebung. Danach sind lagerhafte Steine mit Schichtflächen oder parallelen Absonderungsflächen von nicht lagerhaften, unregelmäßig brechenden Steinen zu unterscheiden. Von den ersteren können nur die quaderförmig brechenden Steine von möglichst gleichartigem festen Gefüge als vertrauenswürdiges und formbares Quadermaterial gelten, während die plattenförmig brechenden, bezw. schieferigen Gesteine dazu nicht brauchbar sind. Geht nämlich die Lagerhaftigkeit zu sehr in das Einzelne oder sind, petrographisch gesprochen, die Schichten dünnflächig oder die Absonderungsflächen dünnplattig, so daß sie sich der Schieferstruktur nähern, so eignen sich solche Steine nicht mehr zu Quadern, und zwar weder zu feinerer, ornamentierter und profilierter Arbeit, noch selbst zu ebener, glatter Arbeit. Denn der größere Unterschied zwischen dem stärkeren Zusammenhang im Verlaufe der Lagerschichten und dem schwächeren senkrecht dazu, also im Sinne einer Trennung der Platten, erzeugt bei der normalen Bearbeitung, sobald der trennende Stoß sich über eine Plattungs- oder Schichtungsfläche hinauspflanzt, stets geneigte Flächen statt der beabsichtigten lotrechten. Ähnliches ist bei der einseitig orientierten oder gestreckten Struktur der Fall, wie sie bei manchen Granuliten und Graniten vorkommt, wo die Spaltung nach dem Hauptbruche und Querbruche gut gelingt, nicht aber nach dem Längsbruche.

Handelt es sich um das Formen größerer Werkstücke, Säulen oder Figuren, so ist bei Schichtgesteinen von blättrig-schieferiger Struktur stets der größte Nachdruck darauf zu legen, daß sie auf das Lager zu stehen kommen, damit der belastende Druck senkrecht auf die Lagerfläche wirkt; denn die Erfahrung hat ge-

zeigt, daß, entſprechend der geologiſchen Ablagerungsweiſe, der Größtwert der Druckfeſtigkeit parallel zu den dem elementaren Gebirgsdrucke ſo lange Zeit ausgeſetzten Lagerflächen auftritt. Es kommen Fälle vor, daß ein Geſtein, wenn ſeine Lagerflächen lotrecht geſtellt werden, bereits unter dem vierten Teil der normalen Tragfähigkeit ſpaltet. Und doch wird, beſonders bei Bruchſteinmauerwerk, oft mit Vorliebe wegen der glatten Verblendung ſchieferiges Geſtein hochkantig vermauert. Daß hierbei auch die Dauerhaftigkeit gefährdet iſt, ſei nebenbei erwähnt.

Am vorteilhafteſten eignen ſich bezüglich der Formbarkeit maſſige Silikatgeſteine und mächtige Schichtgeſteine, da ſie nicht bloß durch das regelloſe, daher nach allen Richtungen gleichmäßig zuſammenhängende Aneinanderlagern der Geſteinselemente innerhalb der homogenen Maſſe der Abſonderung oder Schicht willkürliche Formgebung geſtatten, ſondern auch bezüglich der möglichen Abmeſſungen die weiteſten Grenzen ſetzen und die vorteilhafteſte Ausnutzung der Druckkraft geſtatten. Die feinkörnige Struktur mancher Kalkſteine, beſonders poröſer Sorten und Oolithe, und vieler Sandſteine iſt vermöge der leichten Formbarkeit dieſer Geſteine bei ſonſt genügend hoher Feſtigkeit und Dauerhaftigkeit nicht ohne Einfluß auf die Bauformen des Mittelalters geweſen.

Bei künſtlichen Bauſteinen iſt die Formbarkeit, bezw. die Formgebung, einſchließlich der dafür maßgebenden Bedingungen, Sache der Fabrikation. Denn bei der Erzeugung läßt ſich — eine richtige Wahl des Rohſtoffes und des Erzeugungsverfahrens vorausgeſetzt — ohne weiteres die beabſichtigte Form des Bauſteines erzielen.

14.
Bohrfeſtigkeit.

Die Formbarkeit und Bohrfeſtigkeit der Geſteine wird heute ſowohl mittels einer Fallvorrichtung, wie mittels einer Drehbohrmaſchine gemeſſen. Hiernach wurden ziffernmäßige Abſtufungen der Arbeitshärte aufgeſtellt.

15.
Arbeitshärte.

Die wirkliche Arbeitshärte, welche gewiſſermaßen gleichzeitig durch die Bohr- und Abnutzungsfeſtigkeit zuſammen beſtimmt wird, richtet ſich nach der Härte der Gemengteile, aus denen das Geſtein zuſammengeſetzt iſt, und zugleich nach der Art des Verbandes jener Gemengteile. Geſteine, welche die Härte 6 der *Mohs*'ſchen Skala übertreffen, laſſen ſich nur ſehr ſchwer mit dem Stahl bearbeiten und ſind deshalb als Baumaterial nicht geeignet. Ein aus verſchiedenen Gemengteilen beſtehendes Geſtein wird eine Durchſchnittshärte haben, welche von der Härte der einzelnen Gemengteile und ihrem Mengeverhältnis abhängt, beſonders wenn die einzelnen Teilchen ſehr klein ſind. Bei Geſteinen endlich, deren Gemengteile, wie beim Sandſtein, klein und durch ein weicheres Bindemittel verkittet ſind, werden die einzelnen Teilchen, alſo hier die Quarzkörner, bei der Bearbeitung nicht zerſtört, ſondern aus dem Bindemittel herausgeriſſen. Deshalb laſſen ſich bruchfeuchte Geſteine weſentlich leichter bearbeiten als ſolche, bei denen das Bindemittel ſpäter ausgetrocknet und erhärtet iſt.

Die vom Verbande Deutſcher Architekten- und Ingenieur-Vereine herausgegebene „Denkſchrift“ [1]) klaſſifiziert ſämtliche Geſteine, geteilt in vier Gruppen nach ihren petrographiſchen Eigenſchaften, nach ihrer Mindeſtdruckfeſtigkeit. Die franzöſiſche Klaſſifikation enthält nur drei Gruppen, bei denen, außer den petrographiſchen Merkmalen und der Druckfeſtigkeit, der Erhaltungsgrad und die Politurfähigkeit ausgedrückt wird. Bei den Pariſer Grobkalken iſt im beſonderen noch die Arbeitshärte durch die Koſten der Bearbeitung von 1 qm Fläche Qualitätsſtufen maßgebend.

1) Die „Denkſchrift“ unterſcheidet:

---

[1]) Denkſchrift über die Einrichtung von Prüfungsanſtalten und Verſuchsſtationen von Baumaterialien, ſowie über die Einführung einer ſtaatlich anerkannten Claſſification der letzteren. Herausgegeben durch den Verband Deutſcher Architekten- und Ingenieur-Vereine. Berlin 1878.

I. Versteinerungslose Felsarten:

Granit, Diorit, Grünstein, Syenit, Syenitgranit, Glimmerschiefer usw.

Qualität I. Mit dem Meißel schwer oder nicht bearbeitbar, daher meist nur zu Pflasterungsmaterial verwendet: Mindestdruckfestigkeit 1600 kg für 1 qcm.

Qualität II. Ziemlich schwer bearbeitbar, aber doch schon zu Säulen usw. verwendet: Mindestdruckfestigkeit 1200 kg für 1 qcm.

Qualität III. Gut bearbeitbar und vorzüglich als Hausteinmauerwerk verwendet: Mindestdruckfestigkeit 1000 kg für 1 qcm.

Qualität IV: Für geringere Sorten Bausteine: Mindestdruckfestigkeit 800 kg für 1 qcm.

II. Kalksteine:

Marmor, Dolomit, Muschelkalk, Nummulitenkalkstein usw.

Qualität I. Mindestdruckfestigkeit 1000 kg für 1 qcm.
Qualität II. Mindestdruckfestigkeit 800 kg für 1 qcm.
Qualität III. Mindestdruckfestigkeit 500 kg für 1 qcm.

Unter die letzte Grenze fallen nur noch die weichen Kalksteine jüngerer und jüngster Formation, die zum Teile noch recht gute Bausteine geben, aber wegen der vorkommenden meist sehr großen Unterschiede in Festigkeit und Beständigkeit mit Sorgfalt auszuwählen und sorgfältig zu prüfen sind.

III. Sandsteine.

Qualität I. Mindestdruckfestigkeit 800 kg für 1 qcm. Dahin gehören auch die bis 2000 kg tragenden und kaum mehr bearbeitbaren Grauwacken, Molassesandsteine und Buntsandseine bis 1500 kg Druckfestigkeit.

Qualität II. Mindestdruckfestigkeit 600 kg für 1 qcm.
Qualität III. Mindestdruckfestigkeit 400 kg für 1 qcm.
Qualität IV. Mindestdruckfestigkeit 200 kg für 1 qcm.

Unter letzterer Mindestzahl wechselt die Festigkeit und Beständigkeit der Sandsteine ungemein mit der Güte des Bindemittels, und beim Gebrauch solcher Steine ist mit größter Sorgfalt zu verfahren.

IV. Konglomerate, Tuffe usw.

Qualität I. Mindestdruckfestigkeit 400 kg für 1 qcm.
Qualität II. Mindestdruckfestigkeit 250 kg für 1 qcm.
Qualität III. Mindestdruckfestigkeit 150 kg für 1 qcm.

2) Französische Klassifikation.

A. Granitische Gesteine.

α) Polierbare, härteste, schwer zu bearbeiten:
1) Feinkörnig und regelmäßig mittelkörnig; Druckfestigkeit 1000 bis 1500 kg für 1 qcm.
2) Grobkörnig und porphyrisch; Druckfestigkeit 700 bis 1000 kg für 1 qcm.

β) *Granits altérés*, nicht polierbare, angewitterte:
a) Feinkörnig, halbpoliturfähig; Druckfestigkeit 600 bis 900 kg für 1 qcm.
b) Grobkörnig und phorphyrisch; Druckfestigkeit 400 bis 600 kg für 1 qcm.

B. Kalke.

α) Feste Kalke; Einheitsgewicht 2,4 bis 2,8; Druckfestigkeit 200 bis 1200 kg für 1 qcm.
Diese werden untergeteilt in:
a) Politurfähige, Marmore; Einheitsgewicht 2,6 bis 2,8; Druckfestigkeit 700 bis 1200 kg für 1 qcm.
b) Nicht politurfähige, dichte Kalke; Einheitsgewicht 2,4 bis 2,6; Druckfestigkeit 200 bis 800 kg für 1 qcm.

β) Weichere Kalke; Einheitsgewicht 1,4 bis 2,2; Druckfestigkeit 20 bis 200 kg für 1 qcm.
a) Halbharte, mit der Sandsäge zu schneiden; Einheitsgewicht 1,8 bis 2,2; Druckfestigkeit 100 bis 200 kg für 1 qcm.
b) Ganz weiche, mit der Zahnsäge zu schneiden; Druckfestigkeit 20 bis 100 kg für 1 qcm.

Die Pariser Grobkalke im besonderen werden noch in weitere Klassen abgeteilt, und zwar nach ihrer Arbeitshärte.

α) Harte Steine; Bearbeitung 8 bis 10 Franken für 1 qm; Einheitsgewicht 2,2 bis 2,4; Druckfestigkeit 200 bis 600 kg für 1 qcm.

β) Gewöhnliche harte (*Bancs francs*); Bearbeitung 6 Franken für 1 qm; Einheitsgewicht 2,0 bis 2,3; Druckfestigkeit 150 bis 400 kg für 1 qcm.

γ) Halbharte; Bearbeitung 4 Franken für 1 qm; Einheitsgewicht 1,8 bis 2,0; Druckfestigkeit 100 bis 200 kg für 1 qcm.

δ) Weiche (*Bancs royales*); Bearbeitung 2,75 Franken für 1 qm; Einheitsgewicht 1,6 bis 1,8; Druckfestigkeit 70 bis 120 kg für 1 qcm.

ε) Ganz weiche; Bearbeitung 2 Franken für 1 qm; Einheitsgewicht 1,4 bis 1,7; Druckfestigkeit 40 bis 90 kg für 1 qcm. Noch weichere Steine werden nicht verwendet.

C. Sandsteine.

α) Harte, wenig poröse, auf frischer Bruchfläche einen Wassertropfen erst in 1 Minute einsaugend; Einheitsgewicht 2,1 bis 2,5; Druckfestigkeit 350 bis 780 kg für 1 qcm.

β) Weiche, poröse, Wassertropfen unmittelbar einsaugend; Einheitsgewicht 1,9 bis 2,1; Druckfestigkeit 80 bis 300 kg für 1 qcm.

Konglomerate und Tuffe erscheinen als keine besondere Gruppe ausgeschieden, und nur Lavatuffe mit dem Einheitsgewicht von 2,00 bis 2,18 und der Druckfestigkeit von 300 bis 500 kg für 1 qcm sind angeführt.

16.
Abnutzbarkeit.

Die Abnutzbarkeit oder der Grad des Widerstandes gegen oft wiederholte Beanspruchung auf Druck und Reibung ist für die Wahl von Pflasterungsmaterial, Treppenstufen und dergl. entscheidend. Die Abnutzungshärte hängt nicht mit der mineralogischen Härte unmittelbar zusammen, sondern ist durch Zähigkeit und Widerstand gegen Lostrennung der Oberflächenteilchen in erster Linie bedingt. Je gleichmäßiger der Zusammenhang der Gesteinsbestandteile ist, destoweniger Veranlassung zur Lostrennung ist vorhanden. Daraus folgt, daß man Sandsteine, deren Gemengteile durch ein weiches Bindemittel zusammengehalten werden, nicht zu Treppenstufen verarbeiten kann. Aber auch zur Verkleidung von Bauwerken ist ein solches Material in sandreichen Gegenden nicht zu gebrauchen, weil der vom Winde fortgewehte Sand wie derjenige eines Sandstrahlgebläses wirkt und alle scharfen Formen abrundet und zerstört. Bei aus verschiedenartigen und -harten Gemengteilen zusammengesetzten Gesteinen werden die härteren Stellen Erhöhungen bilden; polierte Materialien werden abgeschliffen usw.

Die Abnutzbarkeit der Gesteine wird mittels der Abschleifmaschine bestimmt. Bei sorgfältiger Behandlung sind die durch sie erzielten Ergebnisse sehr übereinstimmend.

17.
Ausdehnung durch die Wärme.

Die Ausdehnung durch die Wärme ist ebenfalls ein wichtiger Faktor bei der Beurteilung von Bausteinen und insbesondere bei ihrer Verbindung zu Konstruktionen. Schon in ihrer ursprünglichen Lagerung werden manche Steine durch rasche Temperaturunterschiede dem Verfalle entgegengeführt, und das Gleiche tritt bei fertigen Konstruktionen ein, insbesondere bei Feuerungsanlagen der Großindustrie.

Die Ausdehnungsziffer (-Koeffizient) durch die Wärme ist bei Bausteinen entsprechend der sehr wechselnden Zusammensetzung in Art, Größe und Lage der einzelnen Gesteinselemente sehr verschieden. Es gibt Bausteine, die eine höhere Ausdehnungsziffer haben als Eisen und andere, bei denen sie bedeutend geringer ist. Eigentümlich ist das Verhalten mancher Gesteine, wenn sie bruchfeucht den heißen Sonnenstrahlen ausgesetzt werden. So zersprangen beim Bau der Technischen Hochschule in Berlin-Charlottenburg aus den Brüchen bei Miltenberg a. M. stammende rote Sandsteine in der Sonnenhitze ebenso wie andere Gesteine bei Frostwetter.

18.
Dauerhaftigkeit.

Die Dauerhaftigkeit ist nächst der Festigkeit das wichtigste Erfordernis für einen guten Baustein. Sie wird durch folgende Ursachen beeinträchtigt:

1) Durch mechanische Angriffe des Wassers (Regen, Wellenschlag usw.) oder fester Körper, z. B. Sand (siehe oben Art. 16).

2) Durch chemiſche Einwirkungen.
3) Durch pflanzliche Lebeweſen, Algen, Flechten, Mooſe uſw., welche durch ihr Waſſeraufſaugungsvermögen die Steine feucht halten, auch Staub und Ruß ſammeln und vermodern; ſie bilden ſchließlich eine Humusſchicht mit deren Säuren oder Salzen, welche das Material angreifen. Aber auch das Eindringen von Wurzeln in feine Spalten und das Keimen von Sporen darin kann die Haarriſſe des Steines erweitern, wobei Froſt dann das übrige tut.
4) Fortwährender Temperaturwechſel, welcher das Gefüge der Steine allmählich lockert; und endlich
5) die Froſtwirkung des Waſſers.

In erſter Linie iſt die chemiſch-phyſikaliſche Beſchaffenheit des Geſteines für ſeine Dauerhaftigkeit maßgebend. Die verſchiedenen chemiſchen Beſtandteile der ein Geſtein bildenden Mineralien bedingen eine verſchiedene Widerſtandsfähigkeit gegen die Einwirkung der Atmoſphärilien und die Temperaturſchwankungen.

Sauerſtoff, Waſſer, Kohlenſäure und die Verweſungserzeugniſſe organiſcher Körper ſind demnach nebſt der zerſtörenden Kraft von Froſt und Hitze, die Agentien, denen auf die Länge gar kein Stein zu widerſtehen vermag. Am dauerhafteſten ſind jene Steine, welche entweder bloß aus Kieſelſäure beſtehen oder bei denen wenigſtens Kieſelſäure ein Hauptgemengteil iſt; alſo Quarzite, Grauwackenſchiefer, quarzreiche Granite, ſowie Quarzporphyre und manche Tonerzeugniſſe. Bei dieſen hängt infolge der Unempfindlichkeit der chemiſchen Beſtandteile gegen die Atmoſphärilien ihre Dauerhaftigkeit mit der Zuſammenhangskraft ihrer Geſteinselemente oder mit der Größe der Zugfeſtigkeit nach allen Richtungen hin zuſammen. Zugleich iſt hierbei der Grad von Poroſität und die Art der Poroſität von Einfluß. Äußerſt feinporige, aber zerſtreutporige, namentlich wenn die Poren nach einſeitigen Hauptrichtungen orientiert ſind, werden eher von Froſt zerſprengt als groß- und dichtporige, deren Porenräume nach allen Richtungen kommunizieren.

Nächſt der Kieſelſäure widerſtehen manche Silikate ſehr gut, beſonders Kalifeldſpath, Natronfeldſpath, Hornblende und Augit, obwohl ſie bereits durch kohlenſäurereiches Waſſer unter Abſcheidung von Kieſelſäure verwittern. Syenit und Diorit gehören hierher.

Die Glimmer ſind zwar chemiſch ſehr indifferent, zerlegen ſich jedoch infolge ihrer außerordentlich leichten Spaltbarkeit durch den Froſt leicht in Spaltungsblättchen und verleihen ihrem Muttergeſteine nebſt der großen Neigung zur Schieferſtruktur, beſonders bei gleichzeitiger Poroſität und geringer Zugfeſtigkeit, keine lange Dauer. Werden z. B. Sandſteine mit infolge ihres Glimmergehaltes ſchieferigem Gefüge lotrecht zum Bruchlager verwendet, ſo ſprengt das in die Schichten eingedrungene, gefrierende Waſſer von Jahr zu Jahr die Sandſteinplättchen ab, bis das ganze Werkſtück zerſtört iſt. Beſſer halten dieſe Geſteine aus, wenn die Belaſtung ſenkrecht zur Schieferung erfolgt, ſie alſo auf ihr natürliches Lager gelegt ſind; denn dann kann das zwiſchen den Rändern in die Schichten eindringende Waſſer ſich nach Bedarf ausdehnen und entweichen.

Der kohlenſaure Kalk iſt petrographiſch außerordentlich verſchieden ausgebildet und wird allmählich durch kohlenſäurehaltiges Waſſer gelöſt, ſowie von organiſchen Paraſiten teils mechaniſch mittels eindringender Wurzelfaſern, teils chemiſch durch Einwirkung der Humusſäuren zerſtört. Jedoch geht dieſe Zerſtörung in vielen Fällen äußerſt langſam vor ſich und äußert ſich meiſt nur durch

die verfärbenden Anflüge, wenn nicht der kohlenſaure Kalk in amorphem, erdigem Zuſtande als Bindemittel zwiſchen kriſtalliniſch-körnigem Kalk vorhanden iſt, dadurch die Homogenität aufgehoben wird und gleichzeitig das Geſtein mehr oder weniger porös erſcheint. Dann wirkt eindringendes Waſſer nicht bloß löſend, ſondern auch erweichend auf das erdige Bindemittel und befördert in hohem Grade den allmählichen Zerfall. Dies iſt beſonders bei manchen Oolithen und Foraminiferenkalken der Fall.

Auch manche Silikatmineralien, welche kalkhaltig ſind, werden durch Kohlenſäure und Waſſer leicht zerſetzt, ſo beſonders der Kalkfeldſpath oder Labrador, ein Hauptbeſtandteil vieler Porphyre, Trachyte und Melaphyre. In ſolchen Fällen verliert das Geſtein, wenn nicht ſonſt ſeine der vulkaniſchen Entſtehung entſprechende halbglaſige Textur dem löſenden kohlenſauren Waſſer zu wenige Angriffspunkte bietet, weſentlich an Wert, da durch die Zerſetzung der Zuſammenhang leidet und allmählich feine Porenräume auftreten, die bis zu erdiger Zerſetzung führen. Solche Geſteine verlieren ihre Politurfähigkeit.

Gewiſſe Nebenmineralien und imprägnierende Subſtanzen verringern ebenfalls manchmal die Dauerhaftigkeit. So wirkt Schwefelkies, wie er beſonders im Diorit, manchen Marmoren und Schiefern vorkommt, durch ſeine Oxydation zu Eiſenvitriol zerſtörend auf die Geſteine; viele Eiſenverbindungen überhaupt oxydieren durch den Einfluß von Sauerſtoff höher und bewirken dadurch Farbenveränderungen, die ohne merkliche Zerſtörungserſcheinungen manchmal zugunſten der Schönheit gleich einer Patina aufteten (ſo bei den rheiniſchen Buntſandſteinen, beim römiſchen Travertin), manchmal jedoch raſchen Zerfall herbeiführen, z. B. bei manchen roten Jurakalken, ja ſelbſt bei Granit, bei welchem auch an geſchützten Stellen die Gemengteile infolge dieſes Vorganges nach und nach abgeſtoßen werden. Hingegen erbleichen durch organiſche Subſtanzen gefärbte Steine meiſtens unter Erweichung, indem langſame Verweſung derſelben durch Oxydation eintritt.

Die gleichen Bedingungen der Dauerhaftigkeit, wie bei den urſprünglichen Geſteinen, gelten für die aus Trümmern regenerierten klaſtiſchen Geſteine, deren Hauptrepräſentant der Sandſtein iſt, und für die keramiſchen Bauſtoffe. Die Hauptmaſſe der Sandſteine beſteht aus Quarzkörnern, durch ein Bindemittel verkittet. Die relative Menge und die Art dieſes Bindemittels ſind demnach, da der Quarzſand nicht weiter angegriffen wird, für die Dauer entſcheidend, ſoweit es die chemiſchen Agentien betrifft. Quarziges, kalkiges und eiſenſchüſſiges Bindemittel kann ſelbſt bei ſtarkem Vorwalten noch einen dauerhaften Sandſtein geben, wenn nicht zu große Poroſität mit vorhanden iſt. Hingegen iſt kaoliniſches und insbeſondere mergeliges und toniges Bindemittel dasjenige, welches am meiſten Vorſicht vor dem Gebrauche einflößen ſoll. Bei den klaſtiſchen Geſteinen erſcheinen Zugfeſtigkeit und Poroſität am funktionellſten mit der Dauerhaftigkeit verbunden. Sowie die chemiſch-phyſikaliſche Beſchaffenheit je nach den verſchiedenen Geſteinsgruppen auf die Dauer von Einfluß iſt, ſo iſt, wie ſchon angedeutet, beſonders auch die Struktur und der Poroſitätsgrad in dieſer Beziehung maßgebend.

Da bei einer und derſelben Geſteinsgruppe mit verſchwindender Poroſität der Unterſchied zwiſchen Eigengewicht und Raumgewicht verſchwindend wird und andererſeits dabei die Kohäſionskraft ihren Größtwert erreicht, ſo iſt es erklärlich, daß im allgemeinen bei einer Geſteinsgruppe höchſtes Gewicht, größte Feſtigkeit, geringſte Poroſität oder größte Homogenität auch auf die größte Dauerhaftigkeit hindeuten, und daß bei gemengten Geſteinen gleichmäßig feinſtes, porenloſes Ge-

füge größere Dauer verſpricht als grobkörniges oder ſchieferiges Gefüge. Schieferige Geſteine widerſtehen nur auf dem Hauptbruche, wo ſie glatte Flächen, alſo keine Angriffspunkte für Abſorption bieten, je nach ihrer ſonſtigen Natur, während ſie in den Spaltungs-Querbruchflächen oft tief hinein zerſtört erſcheinen, wenn dieſe den Infiltrationen der Atmoſphärilien ausgeſetzt waren.

Ein weiterer Faktor der Dauerhaftigkeit iſt die verſchiedene Ausdehnungsziffer in der Wärme. Verſchiedene Mineralien, namentlich verſchieden gefärbte, zu einem Geſtein verbunden, können unter Umſtänden zur Zerſtörung desſelben führen.

Die Temperaturſchwankungen in einer Reihe von Höchſt- und Mindeſtwerten können durch Zugwirkungen ganz genau zum Ausdrucke des *Wöhler*'ſchen Geſetzes werden, und es unterliegt keinem Zweifel, daß es auf Grundlage dieſes Geſetzes gelingen wird, die brennende Frage der Dauerhaftigkeit auch in beſonderen Fällen befriedigend zu löſen.

Es iſt zwar der günſtigen Wirkung der Homogenität ſchon gedacht worden; jedoch erübrigt noch, hinzuzufügen, daß die Homogenität im großen wieder mit der geologiſchen Lagerung zuſammenhängt. Störungen in der Ablagerung: ſteil geneigte oder gefaltete Schichten, Verwerfungen und dergl. — bringen regelmäßig Unterbrechungen des Zuſammenhanges, Spalten, Rutſchflächen, Spiegel uſw. hervor, welche häufig nur dem geübten Auge kennbar ſind und in örtlicher Beziehung oft ein ſonſt dauerhaftes Geſtein zerfrierbar machen. Die Adern der Marmore ſind in den meiſten Fällen ausgefüllte Spalten, und es iſt auch bei dieſen häufig Vorſicht nötig.

Hingegen können andere, ſonſt leicht verwitterbare Geſteine, namentlich Tongeſteine, Mergel, Tuffe uſw. gerade durch geologiſchen Druck ſo zuſammengepreßt vorkommen, daß ſie alle Eigenſchaften eines urſprünglich entſtandenen kriſtalliniſchen Geſteins annehmen und bewahren. Inſofern iſt auch das geologiſche Moment ſelbſt vor dem chemiſchen zu berückſichtigen.

Örtliche Lage und Verwendung wirken auch nicht wenig auf den Beſtand der Geſteine ein. Es iſt bekannt, aber leider nicht oft gewürdigt, daß Geſteine, welche ſich im Süden vortrefflich erhalten haben, unſerem zwiſchen extremen Temperaturen ſchwankenden Klima nicht widerſtehen, daß aber eben dieſelben Geſteine im viel trockeneren nordiſchen Klima wieder ganz vortrefflich ausdauern.

Es iſt verkehrt, zu glauben, ein Stein von zweifelhafter Dauerhaftigkeit werde an der Sonnenſeite eher aushalten als an der Nordſeite, da im Gegenteile der Wechſel zwiſchen Hitze und Abkühlung, Trockenheit und Durchfeuchtung immer zerſtörender einwirkt als gleichmäßig ungünſtige Lage.

Wichtig iſt es auch, zu berückſichtigen, daß in einer Fabrikſtadt-Atmoſphäre die Art der Schornſteingaſe auf die Auswahl der Bauſteine bezüglich ihrer Dauerhaftigkeit von Belang iſt. So dürfen dolomitiſche und Kalkſteine, ſowie viele Tonſchieferarten in ſolchen Gegenden nicht auf lange Dauer rechnen. Nicht minder iſt es keineswegs gleichgültig, welche Steine man zu Waſſerbauten, beſonders an der Waſſergrenze verwendet, und es iſt allbekannt, daß die Auswahl von feuerfeſten Steinen für Heizanlagen zu Fabrikszwecken nicht ſorgfältig genug getroffen werden kann.

Es iſt ſelbſtverſtändlich, daß auch der Erhaltungsgrad eines Steines vor ſeiner Verwendung maßgebend iſt. Granit kann bereits ſo verändert und „verfault“ ſein, daß er kein wetterbeſtändiges Material mehr abgibt, wie manche glaziale Geſchiebe dartun oder wie ſo häufig an neueröffneten Steinbrüchen zu ſehen iſt.

So wichtig es daher ift, frifches, d. h. unverwittertes, aus dem Inneren des Berges ftammendes Geftein zu verwenden, fo fehr ift bei manchen Steinarten vor der Verwendung frifchgebrochenen und daher bruchfeuchten Materials zu warnen, befonders wenn dasfelbe bei beginnender Froftzeit zum Vermauern kommen foll.

Bruchfeuchtigkeit kommt, wie fchon der Name andeutet, nur bei natürlichen Steinen in Betracht. Es wird damit das Porenwaffer bezeichnet, welches alle feinften Poren der Gefteine erfüllt und das erft allmählich nach der Bearbeitung durch die der Luft ausgefetzten Flächen verloren geht. Bei poröfen Steinen wird die Menge der Bruchfeuchtigkeit fo bedeutend, daß die Gefteine im bruchfeuchten Zuftande ganz weich und leicht zu bearbeiten find. Nach einiger Zeit in Luft und Sonne verliert fich die Feuchtigkeit; der Stein wird auffallend härter und porenärmer, fo daß er erheblich fchwieriger zu bearbeiten ift. Dies findet ftets bei poröfen Kalkfteinen und bei Sandfteinen mit kalkigem Bindemittel ftatt. Die Bruchfeuchtigkeit ift mit gelöftem kohlenfaurem Kalk gefättigt; durch die Verdunftung des Löfungswaffers wird er allmählich abgelagert, und zwar in fefter, wahrfcheinlich kriftallinifch werdender Form. Dadurch fteigert fich natürlich Dichtheit und Arbeitshärte, zugleich aber auch die Tragfähigkeit. Durch Verfuche ift vielfach nachgewiefen, daß bruchfeuchte Steine kaum $^2/_3$ der Laft trockener Steine derfelben Gattung zu tragen vermögen.

Dazu kommt noch, daß das Porenwaffer als immer konzentriertere Löfung fich an den unteren und inneren Partien des Steines anfammelt und bei eintretendem Froft gerade an der am meiften belafteten, alfo ohnehin fchon einer Dilatationskraft ausgefetzteften Stelle feine zerfpaltende Wirkung äußert. Es ift daher völlig gerechtfertigt, wenn der Gebrauch befteht, frifch gebrochene Steine mindeftens ein paar Monate vor dem Vermauern dem Austrocknen zu überlaffen, und noch ratfamer wäre es, wenn dies auch mit öfterem Umkanten verbunden wäre, um das Austrocknen und damit die Erhöhung der Tragkraft gleichmäßig zu verteilen.

Wenn behauptet wird, daß gewiffe Steine, namentlich Marmorforten, nicht bei Vollmond gebrochen werden dürfen, weil fie fonft fpringen, fo mag dies mit der ftärkeren Strahlung bei heiterem Vollmondhimmel und der damit eintretenden ungewöhnlichen Temperaturerniedrigung des innen ohnedies nur die Bodentemperatur befitzenden Blockes zufammenhängen; denn gerade feinporige und fpröde Gefteine zeigen fich gegen Froft oft empfindlicher als poröfere und weichere.

Von größtem und verderblichftem Einfluß ift oft der Mörtel auf die mit ihm vergoffenen Gefteine. Vorläufig ift erft erwiefen, daß fchwefelfauren Kalk enthaltende Sandfteine durch Zement- oder Traßmörtel leiden, weil fich Natriumfulfat (Glauberfalz) bildet, welches auskriftallifiert und dabei die Sandkörnchen abftößt. An trockener Luft zerfallen die Kriftalle zu einem weißen Pulver von wafferfreiem Salz, welches fich wiederum mit dem Gips verbindet, fo daß die Zerftörung des Gefteines ohne Unterbrechung fortfchreitet. Ein ähnlicher Vorgang wurde bei dem unter dem Namen »Belgifcher Granit« bekannten unteren Kohlenkalk von ***Poulfeur*** beobachtet. Nur wo das Mörtelwaffer den Stein durchdringen kann, alfo in der Nähe der Fugen und bei dünnen Platten, zeigen fich die Zerftörungen, während der mittlere Teil der Quader und ftärkere Platten davon verfchont bleiben.

19. Froftbeftändigkeit.

Aus dem bisher Vorgeführten ergibt fich, daß Dauerhaftigkeit und Wetterbeftändigkeit zum Teile gleichbedeutend find. In unferem Klima treten die gefteigerten Angriffe des gefrierenden Waffers als Froftwirkung hinzu, und man

kann mit Recht bis zu einem gewiſſen Grade einen froſtbeſtändigen Stein auch wetterbeſtändig oder dauerhaft nennen.

Die Froſtbeſtändigkeit eines Materials feſtzuſtellen, iſt deshalb eine wichtige techniſche Aufgabe, wenn es ſich um die Auswahl für der Witterung ausgeſetzte Konſtruktionen handelt. Die Methode von ***Brard***, mit Glauberſalzlöſung die Froſtwirkung nachzuahmen, iſt unbrauchbar; denn ***Lunge*** hat nachgewieſen, daß kriſtalliſierendes Glauberſalz ſich zuſammenzieht, alſo ſeinen Rauminhalt vermindert, während kriſtalliſierendes Waſſer bekanntlich eben durch die dabei eintretende Inhaltsvergrößerung ſo energiſch wirkt. Der Froſtwirkung am meiſten ausgeſetzt ſind alle ſchiefrigen, blätterigen, leicht ſpaltbaren Geſteine oder ſolche, welche derartige Gemengteile haben, dann alle riſſigen und poröſen Materialien, letztere jedoch mit Ausnahmen; denn nur mit ungleichgroßen oder unregelmäßig auftretenden Hohlräumen behaftete Steine werden der Froſtwirkung anheimfallen, während die ſehr fein oder gleichmäßig groß poröſen, z. B. einige vulkaniſche Tuffe und die Baſaltlaven, derſelben gut widerſtehen.

Wir haben oben geſehen, daß manche bruchfeuchte Steine weicher ſind als völlig ausgetrocknete und geringere Feſtigkeit beſitzen. Tatſächlich iſt dieſe Eigenſchaft allen Steinen gemeinſam, nur in mehr oder minder hohem Grade. Auch ſteht die Herabminderung der Druckfeſtigkeit in keinem Verhältnis zu der Waſſeraufnahme ſelbſt (ſiehe Art. 11, S. 73). Sind die Porenräume mit Waſſer gefüllt, ſo wirkt die Kapillarkraft im Sinne einer Ausdehnung und Spannung, oder die einzelnen Teilchen ſtehen um ein geringes weiter voneinander ab; folglich muß auch die Trennung derſelben voneinander durch eine geringere Kraft bewirkt werden können, als wenn das Waſſer verdunſtet iſt.

Eine ſcharfe Beſtätigung dieſer Tatſache liefern die genauen Meſſungen von *Schumann* an verſchiedenartigen Steinen. Unter Waſſer dehnen ſich die Geſteine aus; beim Trocknen ſchwinden ſie. Ebenſo ſcharf hat zuerſt ***Hauenſchild*** die Abminderung der Feſtigkeit im waſſerſatten Zuſtande nachgewieſen. Bei zweifellos froſtſicheren Geſteinen beträgt dieſe Abminderung nur wenige Prozente. So verlieren[8]) Baſalt 2 Vomhundert, Grauwacke 4 Vomhundert, Quarzite 2 Vomhundert, kriſtalliniſche Kalke 6 Vomhundert, Sandſteine beſter Sorte 3 Vomhundert, Granite 8 Vomhundert und Grünſteine 10 Vomhundert der Trockenfeſtigkeit im waſſerſatten Zuſtande. Dagegen büßen klaſtiſche Geſteine mit mergeligem oder erdigem Kalkbindemittel, insbeſondere manche Sandſteine und Oolithe, 50 bis 60 Vomhundert an Feſtigkeit ein.

Letztere Tatſache hat *Tetmajer* zur Aufſtellung einer Beſtändigkeitsziffer benutzt, welche das Verhältnis der Trockenfeſtigkeit zur Naßfeſtigkeit als Quotient η darſtellt.

Für Trümmergeſteine ſetzt er 3 Stufen feſt:

I. Größter Wert von $\eta = 1{,}3$,
II. „ „ „ $\eta = 1{,}6$,
III. „ „ „ $\eta = 2{,}0$.

Letztere Stufe, welche im Waſſer bis zur Hälfte an Druckfeſtigkeit abnimmt, hält er mit Recht bei Verwendung im Freien für ſehr verdächtig. ***Hauenſchild*** hatte an den Oolithen von Riva nachgewieſen, daß die Feſtigkeit nach vielmaligem Gefrieren im waſſerſatten Zuſtande immer mehr abnimmt, und der Münchener Konferenz empfohlen, die Prüfung auf Froſtbeſtändigkeit nur durch wirkliches Ge-

[8]) Siehe: Mitteilung über die Wegebaumaterialien der Provinz Hannover. Hannover 1884.

frierenlassen der nassen Steine vorzunehmen. Infolgedessen wurden von der ständigen Kommission folgende Beschlüsse gefaßt: „Die Prüfung auf Frostbeständigkeit hat, da die Wasseraufnahme, sowie der Frostangriff von der Oberflächengröße abhängig sind, an Probestücken von einheitlicher Größe stattzufinden und wird dafür 7^{cm} Kantenlänge bestimmt. Nur bei sehr harten Steinen sind ausnahmsweise gegeringere Abmessungen zulässig; doch unterliegt bei solchen die Frostbeständigkeit nur selten einem Zweifel."

Die Frostprobe besteht:

1) In der Ermittelung der Druckfestigkeit der wassergesättigten Steine und deren Vergleichung mit der Trockenfestigkeit.

2) In der Ermittelung der Druckfestigkeit der wieder getrockneten Steine nach 25maligem Gefrieren und Widerauftauen und deren Vergleichung mit der Trockenfestigkeit.

3) In der Ermittelung des Gewichtsverlustes der 25mal gefrorenen Steine, wobei die durch das Gefrieren mechanisch abgetrennten und die in einer bestimmten Menge Wasser löslichen Bestandteile zu berücksichtigen sind.

4) In der Besichtigung der gefrorenen Steine unter Zuhilfenahme der Lupe, wobei besonders zu beachten ist, ob Risse oder Absplitterungen eintraten.

Empfehlenswert ist dabei das *Bolton*'sche Verfahren, die Versuchsergebnisse aus alten Gebäuden stammender, dem Wetter jahrelang ausgesetzter Bausteine mit denjenigen von frisch gebrochenen Steinen aus dem gleichen Bruche zu vergleichen.

Es wurde oben schon angedeutet, daß die Frostbeständigkeit und Wetterbeständigkeit nur bis zu einem gewissen Grade zusammenfallen; denn die bereits erwähnten Einflüsse der Bestandteile der Luft, die Rauchgase usw. einerseits und der verschiedene Grad der Widerstandsfähigkeit der chemischen und physikalischen Eigenschaften eines Gesteines bleiben außer der Frostwirkung, wenn auch nicht stets, so akut in Tätigkeit. Bei manchen Gesteinen, z. B. einzelnen Kalksteinen, Sandsteinen mit tonigem oder kalkigem Bindemittel, Sanidin enthaltenden Trachyten usw. tritt die Frostwirkung erst ein, nachdem das Wasser chemisch vorgearbeitet und Angriffspunkte für den Frost geschaffen hat.

Ein Verfahren scheint hierbei an dieser Stelle erwähnenswert, das gleichzeitig den Einfluß von Dämpfen schwefeliger Säure nachweist, wie sie tatsächlich Schornsteingase enthalten, und das nach Versuchen von *Brunner* in Lausanne*) an Dachschiefern praktisch sich bewährt hat. Es stammt von *Fresenius* und besteht darin, den zu prüfenden Stein in geschlossenen Gefäßen den Dämpfen schwefeliger Säure auszusetzen. Verwitterbare Kalkbestandteile sollen hierbei raschen Zerfall herbeiführen.

Die künstlichen Bausteine und insbesondere die Ziegel- oder Backsteine sind bezüglich ihrer Dauerhaftigkeit den gleichen Einflüssen und Bedingungen unterworfen, wie die natürlichen Bausteine. Die Konferenzbeschlüsse über die einheitliche Prüfung derselben auf Dauerhaftigkeit erstrecken sich auf:

1) Bestimmung der Frostbeständigkeit analog dem Gefrierverfahren wie oben.

2) Bestimmung des Vorhandenseins löslicher Salze durch Auslaugen einer Durchschnittsprobe von 25^{g} zwischen Sieben von 900 und 4900 Maschen für 1^{qcm} gewonnenen Pulvers mit 250^{cbcm} destillierten Wassers. Die Probe wird unter Ersatz des Wassers 1 Stunde gekocht, filtriert, das Filtrat verdampft, der Rückstand schwach geglüht und gewogen und in Prozenten vom Steingewicht berechnet.

*) Über die Wertbestimmung der Dachschiefer. Schweiz. Wochschr. f. Pharmacie 1889, Nr. 10.

3) Die Beſtimmung von kohlenſaurem Kalk, Schwefelkies, Marienglas uſw. Wenn ſich im Rohmaterial ſolche ſchädliche Mineralien nachweiſen laſſen, iſt der fertige Stein unter $^1/_4$ Atmoſphäre Überdruck 3 Stunden lang in einem *Papin*'ſchen Topf zu kochen und dann auf Sprünge und Abſplitterungen zu unterſuchen [10].

20. Poroſität.

Die Beſtimmung der Poroſität, jener ſo hochwichtigen Eigenſchaft der Bauſteine in bezug auf ihre Feſtigkeit, ihr Gewicht, ihre Dauerhaftigkeit und namentlich auch ihre geſunde Wirkung als Träger natürlicher Lüftung, kann auf verſchiedene Weiſe geſchehen, am einfachſten durch Tränkung eines gewogenen Steines unter Waſſer und prozentuelle Beſtimmung der Gewichtszunahme, empiriſch ſogar nach dem in Frankreich üblichen Verfahren, daß auf die trockene Fläche ein Waſſertropfen fallen gelaſſen wird; wird derſelbe ſofort oder längſtens in 1 Minute aufgeſogen, ſo nennen die Franzoſen einen ſolchen Stein porös.

Scharf ſind die Beſtimmungen von *Lang*[11]), von denen wir eine Anzahl anführen wollen in Vereinigung mit Beſtimmungen in der Verſuchsſtation von *Hauenſchild*. Die zu prüfenden Geſteine werden zuerſt bei 100 Grad getrocknet, nach dem Abkühlen gewogen und an Fäden in ein in einem hydrauliſchen Preßraum befindliches Gefäß gelegt; der Preßraum wird bei völlig auf den höchſten Stand geſtelltem Stempel mit Waſſer gefüllt und nach aufgeſchraubtem Deckel der Stempel bis zum tiefſten Punkt gebracht. Hierdurch wird die Luft aus den Poren raſch verdrängt; beim nachherigen Waſſerdruck unter 3 Atmoſphären werden jene genau gefüllt, ſo daß nach 1 Stunde Preſſung ſchon die ſtets etwa 25 g ſchweren Probekörper an Gewicht nicht mehr zunehmen. Nach beendigter Imprägnierung werden ſie äußerlich raſch abgetrocknet und in gewogenen, wohl verſchließbaren Gläschen neuerdings gewogen. Die Gewichtszunahme wird in Prozente des Trockengewichtes umgerechnet.

Von *Lang* wird von der Poroſität noch die Permeabilität unterſchieden und beſtimmt, d. h. die Menge Luft, welche unter einheitlichem Drucke in der Zeiteinheit eine Wand von gleichem Querſchnitt durchdringt. *Lang* beſtimmt die Poroſität durch Sieden der Probeſteine in deſtilliertem Waſſer. Da aber hierbei für manche Steine Zerſplitterung eintritt, welche die Ergebniſſe trübt, ſo verließ *Hauenſchild* dieſes Verfahren, bei dem man übrigens mit der erwähnten Druckmethode genau gleiche Ergebniſſe erzielt.

Mit der Poroſität der Steine hängt ihre Hygroſkopie zuſammen, d. h. die Aufnahmefähigkeit von Waſſerdampf aus der Luft, welcher durch die feinſten Porenwege eindringt und ſich im Inneren des Geſteines verdichtet, während er an dichten und glatten Stellen der Oberfläche, ſowie an den Wandungen größerer Hohlräume als tropfenförmiger Beſchlag erſcheint [12].

---

[10]) Über Froſtbeſtändigkeit der Bauſteine ſiehe:
Beſtimmung der Froſtbeſtändigkeit der Baumaterialien nach *Antoine Braun*. Bangwks.-Ztg. 1884, S. 385.
Blümcke, A. Über die Beſtimmung der Froſtbeſtändigkeit von Materialien. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 379.
Reſiſtance des matériaux de conſtruction à la gelée. La ſemaine des conſt., Jahrg. 10, S. 201.
Blümcke, A. *Note ſur un procédé pour conſtater la gélivité des matériaux. Nouv. annales de la conſt.* 1886, S. 19.
Blümcke, A. Über die Beſtimmung der Froſtbeſtändigkeit der Materialien. Zeitſchr. f. Bauw. 1887, S. 103.
Blümcke, A. Der Einfluß der Bearbeitung auf die Froſtbeſtändigkeit von Materialien. Zeitſchr. f. Bauw. 1887, S. 479.
Blümcke, A. Beſtimmung der Froſtbeſtändigkeit von Bauſtoffen. Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 359.
Seipp, H. Die Wetterbeſtändigkeit der natürlichen Bauſteine uſw. Jena 1900.

[11]) Über natürliche Ventilation und Poroſität von Baumaterialien. Stuttgart 1877.

[12]) Über die Waſſeraufnahmeziffern deutſcher Geſteine ſiehe in: Koch, H. Die natürlichen Bauſteine Deutſchlands. Berlin 1892.

Die Porosität der Backsteine, welche mit ihrer Druckfestigkeit in innigster Wechselbeziehung steht, ist von der Natur des zur Erzeugung verwendeten Tones, vom Verhältnis des Tonstoffes zu den Magerungsmitteln und vom Grade des Brennens abhängig. Ist der Ton gefrittet, so daß ein geflossener Scherben entsteht, so ist die Porosität viel geringer, oft nahezu gleich Null, während sie vor dem Fritten bis zum Hartbrand bei gleichem Material sich nicht wesentlich verändert. Das Einheitsgewicht der Tone ist im Schwachbrande vor dem Fritten nach den vergleichenden Untersuchungen *Olschewsky*'s nahezu ganz gleich, nämlich 2,6. Dies gibt ein Mittel an die Hand, den Porositätsgrad von Backsteinen auch ohne die Anwendung des Wassertränkungsverfahrens, welches wir bei den natürlichen Bausteinen angegeben haben, genau zu bestimmen. Das Gewicht P (in Kilogr.) eines Backsteines im trockenen Zustande, dividiert durch den leicht zu messenden Rauminhalt V (in Kub.-Met.), gibt das Gewicht der Raumeinheit $\gamma = \frac{P}{V}$ Kilogramm für 1 cbm.

Das Einheitsgewicht der Backsteinmasse zu 2,6 angenommen, ergibt sich der gesamte Rauminhalt C aller Hohlräume

$$C = 1 - \frac{\gamma}{2600} \text{ Kub.-Meter.}$$

Da jedoch der Porositätsgrad in Gewichtsprozenten des Wassers ausgedrückt wird, so erhält man für die Porositätsbestimmung der Backsteine

$$C' = \frac{100\,000}{\gamma}\left(1 - \frac{\gamma}{2600}\right) \text{ Vomhundert.}$$

Wir lassen hier zur leichteren Berechnung eine von *Olschewsky* entworfene Tabelle folgen, aus welcher sich die Zwischenwerte mittels Interpolation leicht bestimmen lassen.

γ	$C = \left(1 - \frac{\gamma}{2600}\right) 100$	$C' = \frac{100\,000}{\gamma}\left(1 - \frac{\gamma}{2600}\right)$
2600 bis 2470	0 bis 5	0 bis 2,02
2470 „ 2340	5 „ 10	2,02 „ 4,27
2340 „ 2210	10 „ 15	4,27 „ 6,79
2210 „ 2080	15 „ 20	6,79 „ 9,61
2080 „ 1950	20 „ 25	9,61 „ 12,82
1950 „ 1820	25 „ 30	12,82 „ 16,48
1820 „ 1680	30 „ 35	16,48 „ 20,83
1680 „ 1550	35 „ 40	20,83 „ 25,80
1550 „ 1420	40 „ 45	25,80 „ 31,69
1420 „ 1290	45 „ 50	31,69 „ 38,74
Kilogr. für 1 cbm.	Vomhundert.	Vomhundert.

Tatsächlich bewegen sich auch die Raumgewichte, mit Ausnahme der ersten Kolumne, zwischen den hier angeführten Grenzen und infolgedessen auch die Hohlraumprozente. Letztere wurden vielfach auch unmittelbar bestimmt; der mittlere Porositätsgrad guter Backsteine ist dem Gewichte nach 10 bis 20, während poröse Backsteine bis über 50 steigen [13].

Das Einheitsgewicht der geflossenen Scherben ist kleiner als das der porösen nicht geflossenen infolge der Umwandelung des Quarzgehaltes von 2,7 Einheitsgewicht in Opal von 2,2 Einheitsgewicht bei etwa 1000 Grad. Da nun dieser sehr verschieden ist, so wechseln auch die Einheitsgewichte der Klinker usw. bedeutend, und es ist hier das Einheitsgewicht deutlich mit der Festigkeit wachsend. Klinker von 2,25 Einheitsgewicht haben z. B. 700 kg, solche von 2,57 Einheitsgewicht 3704 kg Druckfestigkeit für 1 qcm.

[13]) Über Porosität der Baustoffe siehe auch:

Lang, C. Über die Porosität einiger Baumaterialien. Zeitschr. f. Biologie 1875, Nr. 313.

Layet. *De la porosité des matériaux de construction, considérée au point de vue de l'hygiène.* *Revue d'hyg.* 1881, S. 461.

Für technische Porositätsbestimmungen genügt das in den Konferenzbeschlüssen über die Frostbeständigkeit angegebene Verfahren.

21. Wärmeleitung, spezifische Wärme und Feuerfestigkeit.

Schieferige Gesteine leiten die Wärme in der Richtung der Schichten besser fort als lotrecht zu ihnen, während bei Gesteinen, welche aus nach allen Richtungen zusammengefügten Körnern bestehen, auch die Wärmeleitung ringsum gleichmäßig erfolgt. Nur sehr dichte Gesteine, wie Basalt, haben ein gutes Wärmeleitungsvermögen. Im ganzen ist es jedoch nur gering und am schlechtesten bei sehr porösen Steinen. Es ist auch ungleichmäßig selbst bei Gesteinen der gleichen Art, je nachdem sie einen verschiedenen Ursprungsort haben.

Die spezifische Wärme ist bei den Gesteinen groß und deshalb von Einfluß auf die Wärmemenge, welche von ihnen aufgespeichert und wieder abgegeben werden kann.

Die Feuerfestigkeit kommt beim Ofenbau und bei Bränden in Betracht. Feuerfeste Steine sollen in ersterem Falle einer Hitze bis zu 1800 Grad und auch chemischen Prozessen widerstehen, welche im Ofen etwa vor sich gehen. Solche Steine sind z. B. Quarz, Ton, Graphit usw. Das gleiche ist bei Bränden der Fall. Hierbei zerfällt Kalkstein und auch Sandstein, wenn er ein kalkiges Bindemittel hat, durch den Verlust an Kohlensäure. Andere aus verschiedenen Bestandteilen zusammengesetzte Steine, z. B. Granit, leiden durch ungleiche Ausdehnung der Gemengteile, werden rissig, mürbe und bröckelig. Bei nur teilweiser, starker Erhitzung oder plötzlicher Erkältung, z. B. beim Bespritzen mit Wasser, zerspringen die Gesteine, was bei Bränden besonders gefährlich ist[14]).

22. Härte.

Die Härte ist mineralogisch vom Härtegrade der Hauptbestandteile des Gesteines abhängig und kann mittels der *Mohs*'schen Härteskala nur bei solchen Steinen bestimmt werden, die aus einem einzigen Mineral bestehen. Praktisch und technisch wird jedoch Härte stets je nach der verschiedenen Beanspruchung beurteilt, und man unterscheidet demnach die Bohrhärte oder Gewinnungshärte, die Arbeitshärte und die Abnutzungshärte, über deren Bestimmung schon in Art. 14 bis 16 (S. 75 bis 77) das Nötige mitgeteilt worden ist.

23. Sprödigkeit, Zähigkeit und Spaltbarkeit.

Das gleiche gilt für die Bestimmung der Sprödigkeit und Zähigkeit, indem auch sie ihren Ausdruck in dem Widerstande gegen Stoß, Druck, Abspaltung und Abschleifung findet und je nach Art und Grad der Beanspruchung als Gewinnungsfestigkeit, Arbeitsfestigkeit oder Abnutzungsfestigkeit zur Geltung und Beurteilung kommt.

Besondere Wichtigkeit gewinnt die Zähigkeit bei der Beurteilung von Pflaster- und Schottermaterialen. Nach dem Vorschlage von *Dietrich*[15]) hat die Münchener Konferenz die Verwendung von Drehtrommeln empfohlen, die mit dem Versuchsmaterial gefüllt werden und durch Schlagwirkung und Abschleifung die Wirkung der tatsächlichen Beanspruchung nachahmen sollen. Die Drehtrommeln sollen 0,3 ^{m} Durchmesser und 0,5 ^{m} Höhe besitzen und drehen sich in geneigten Ebenen. In Frankreich sind solche Drehtrommeln seit längerer Zeit im Gebrauch.

Die leichte Spaltbarkeit schieferiger Gesteine, also besonders der zur Dachdeckung benutzten Chlorit- und Tonschiefer, begünstigt ihre Verwitterung und ihren Zerfall. Auch diese Spaltbarkeit müßte deshalb in den Bereich der Untersuchungen gezogen werden.

24. Schönheit.

Bereits bei der Formbarkeit der natürlichen Bausteine wurde angedeutet, daß sie in gewissen Fällen auch als ästhetische Eigenschaft auftreten kann. Im all-

[14]) Siehe: RINNE, F. Gesteinskunde usw. Hannover 1901.

[15]) Siehe: Die Baumaterialien der Steinstraßen. Berlin 1885.

gemeinen ſind es indes weſentlich die Struktur, der Glanz und die Farbe, namentlich beim politurfähigen Geſtein, welche als unmittelbar äſthetiſch wirkſame Eigenſchaften in Betracht zu ziehen ſind. Bei den künſtlichen Bauſteinen iſt das Erzielen ſchöner Erzeugniſſe mit der Fabrikation innig verbunden; das Ergebnis wird in dieſer Richtung das vollkommenſte ſein, wenn der Keramiker mit dem Künſtler Hand in Hand geht.

Beim natürlichen Bauſtein kommt hier zuerſt die Struktur in Frage. Je nach dem Zwecke, der verfolgt werden ſoll, wird äſthetiſche Wirkung durch grobkörniges, maſſig und felſenhaft wirkendes Geſtein erzielt, oder es wird das Weiche der feinkörnigen Struktur, namentlich in Verbindung mit Luſtre und Politur, hervorgehoben, wozu noch die Buntheit und Vornehmheit der Farbenpracht kommen. Zur Belebung großer, einem Monumentalbau unentbehrlicher Flächen hat zu allen Zeiten die polychrome Dekoration des bunten Marmors am reizendſten und erfolgreichſten beigetragen. Die Alten nannten alle Geſteine, welche Politur annehmen, Marmor und hielten dieſe als reiche Schätze der Natur hoch in Ehren.

Die rote Färbung von Sandſteinen rührt meiſt von Eiſenoxyd, die gelbe oder braune von Brauneiſenſtein her. Man kann deshalb weiße Sandſteine dadurch ſehr leicht gelb bis dunkelbraun färben, daß man ſie mit einer Löſung von Eiſenvitriol in Waſſer tränkt. Sie färben ſich an der Luft allmählich. Soll der Farbenwechſel ſofort vor ſich gehen, ſo muß man ſie noch mit Kalkwaſſer überſtreichen, wonach ſie zunächſt einen ſchmutzig grünen, ſehr bald aber den gewünſchten gelben bis braunen Farbenton annehmen.

Gewiſſe Kalkſteine, z. B. der Travertin und auch der pariſche Marmor, bekommen mit der Zeit unter dem Einfluß der Atmoſphärilien, wahrſcheinlich infolge Verwitterung fein verteilten Eiſenkieſes, einen dunkleren, wärmeren Ton, der, weil gleichmäßig, durchaus nicht ſtörend wirkt. Öfter jedoch werden dunkel färbende, organiſche Beſtandteile an der Luft zerſetzt und die Geſteine, wie alle dunklen Marmorarten, dadurch außen weißlich gefärbt. Beſonders unangenehm iſt aber das Auftreten von einzelnen gelben, braunen oder ſchwarzen Flecken, die von höherer Oxydierung beigemengter Eiſenoxyd- oder -Oxydulverbindungen herrühren, z. B. bei Granit, deſſen Zerſtörung ſie auch bewirken können. (Siehe Art. 18, S. 78.)

Manganoxydul, welches einige Sandſteine, beſonders auch die berühmten Obernkirchener, Elzer und Mehler enthalten, färbt ſie dunkelbraun bis ſchwarz, ſo daß ſelbſt tiefer befindliches, helles Material durch herunterlaufendes Regenwaſſer noch davon verunreinigt werden kann. Allerdings iſt dieſe Färbung inſofern unſchuldig, als ſie nach einigen Jahren infolge der Witterungseinflüſſe verſchwindet; auch kann man durch Abwaſchen mit verdünnter weißer Schwefelſäure dem Übelſtande etwas abhelfen.

Die Politurfähigkeit und die Porenloſigkeit hängen auf das engſte zuſammen, wenn auch die Mineralelemente verſchiedene Eignung, ſpiegelnde Flächen zuzulaſſen, beſitzen, daher verſchiedene Grade der Politur geſtatten. Im allgemeinen ſind jene porenloſen Geſteine am politurfähigſten, deren Beſtandteile möglichſt gleiche mineralogiſche Härte beſitzen und welche noch keinerlei Zerſetzung erlitten haben. Letzteres iſt beſonders bei Granit und Porphyr in das Auge zu faſſen.

25.
Geſtalt und Abmeſſungen.

Geſtalt und Abmeſſungen der zur Verfügung ſtehenden Bauſteine bedingen die Art des Mauerwerkes. Die natürlichen Bauſteine kommen, je nach der größeren oder geringeren Rückſichtnahme auf Erſparnis an den Herſtellungskoſten des Mauerwerkes, in zweifacher Geſtalt zur Anwendung:

1) als Bruchſteine, d. i. entweder in der im Steinbruch erlangten zufälligen Form, welche ganz unregelmäßig oder lagerhaft ſein kann, oder unter Bearbeitung der Lagerflächen — lagerrecht bearbeitete Bruchſteine[16]); und

2) als regelmäßig (durch den Steinmetz) bearbeitete Bauſteine, welche, wenn ſie größere Abmeſſungen haben und deren Lager- und Stoßflächen ganz regelmäßig zugehauen, bezw. zugeſägt ſind, Werkſtücke, Werkſteine, Schnittſteine, Hauſteine oder Quader heißen, ſonſt aber Schichtſteine[17]) genannt werden mögen.

Die Abmeſſungen der natürlichen Bauſteine ſind zunächſt durch die Art des Verſetzens im Bauwerk bedingt. Geſchieht das letztere von Hand, ſo werden ſie, des Eigengewichtes wegen, ſelten mehr als 60 cm Länge und 30 cm Höhe bei 30 bis 60 cm Breite erhalten. Gewöhnliche Bruchſteine und Schichtſteine haben ſelten mehr, ſo daß die größten Steine von 2 Mann mit den Händen ohne mechaniſche Hilfsmittel gehoben und verlegt werden können. Sonſt iſt der Größe der Steine durch die Möglichkeit der Beförderung und durch die Leiſtungsfähigkeit der Hebemaſchinen eine Grenze geſteckt. Des weiteren ſind die Abmeſſungen der Bauſteine auch noch von der Mächtigkeit der betreffenden Gebirgsſchichten im Steinbruch, der »Bänke«, abhängig. Die Biegungsfeſtigkeit der Geſteine iſt im allgemeinen nur gering; freitragende Architrave, Stufen, Fenſter- und Türſturze vertragen deshalb nur ſehr geringe Belaſtungen und erfordern häufig zum Zweck ihrer Entlaſtung verwickelte Eiſenkonſtruktionen.

Die Geſtalt und die Abmeſſungen der künſtlichen Bauſteine hängen von dem Zwecke, zu dem ſie beſtimmt ſind, von ihrer Natur und Herſtellung ab. Sämtliche keramiſchen Bauſteine erhalten ein kleines Format, damit ſie beim Brande leicht homogen ausfallen. Betrachten wir an dieſer Stelle nur die zur Ausführung gewöhnlicher Mauern benutzten Backſteine, ſo iſt die parallelepipediſche Geſtalt die allgemein übliche. Zweckmäßige Abmeſſungsverhältniſſe entſtehen, wenn, mit Rückſicht auf die Dicke der Stoß- und Zwiſchenfugen, die Länge der Steine nicht genau ein Vielfaches der Breite bildet, ſondern 2 Steinbreiten plus Fugendicke die Steinlänge ausmachen.

b) Natürliche Bauſteine.

Die wichtigeren natürlichen Bauſteine — ihrem Werte, ihrer Verwendung und ihrer Feſtigkeit nach — ſind in Auswahl etwa die folgenden[18]).

1) Eruptivgeſteine.

26. Plutoniſche Geſteinsarten.

Granit. Hauptbeſtandteile: Feldſpat, welcher die Farbe gibt, Quarz und Glimmer. Nach der Natur des letzteren und dem Auftreten noch anderer Gemengteile mehrere Abarten, von denen am häufigſten der Biotitgranit oder Granitit. Monumentalſtes, politurfähiges Material für Säulen, Sockel, Treppenſtufen, Waſſerrinnen, Brunnenſchalen, Pflaſterungen uſw. In großen Abmeſſungen zu gewinnen. Fundorte: Oberägypten (im Alter-

---

[16]) In einem Teile Sachſens und a. O. heißen ſolche Steine bei größeren Abmeſſungen »Grundſtücke«, bei kleineren »Hurzeln«.

[17]) Für das »Handbuch der Architektur« wurde die Bezeichnung »Schichtſtein«, welche in einigen Teilen Deutſchlands üblich iſt und auch von *Houſſelle* (Deutſche Bauz. 1878, S. 14) empfohlen wurde, angenommen. Dieſelben wurden unter die Hauſteine eingereiht, weil ſie an der Anſichtsfläche und dem vorderen Teile der Lager- und Stoßflächen vom Steinmetz behauen werden. In Frankreich dagegen werden ſolche Steine zu den Bruchſteinen — *Moellons* — gezählt. Man unterſcheidet dort *Moellons bruts* oder *Moellons ordinaires* und *Moellons piqués* oder *Moellons ſmillés*; erſtere ſind das, was man in Deutſchland einfach und allgemein Bruchſteine nennt, letztere das, was in einem Teile des weſtlichen Deutſchlands »Moellons« geheißen wird. Statt der letzteren Bezeichnung wurde das Wort »Schichtſteine« gewählt.

[18]) Ausführlicheres in: Hauenschild, H. Katechismus der Baumaterialien. Teil 1: Die natürlichen Bauſteine. Wien 1879 und: Koch, H. Die natürlichen Bauſteine Deutſchlands. Berlin 1892.

tume); Schlefien: bei Striegau, Strehlen, Görlitz (grau), Fifchbach (fleifchfarben); Königr. Sachfen: in der Laufitz – Kamenz, Bifchofswerda, Schmölln (grau), Meißen (rot); Bayern: im Fichtelgebirge (grau, bläulich, gelblich), im bayrifchen Walde – Nabburg, Wiefau, Blauberg, Hauzenberg und in der Paffauer Gegend (grau, bläulich bis dunkelgrau); im Harz (grau und blaßrot); im Odenwalde – am Felsberge (fchwarz-weiß), an der Bergftraße (blaßrot); im Schwarzwalde bei Waldshut, Gernsbach ufw. (fchwarz-weiß-rot). Außerdem viele Findlinge in der Norddeutfchen Tiefebene und an der Oftfeeküfte. Außerhalb Deutfchlands hauptfächlich: in Schweden – Karlskrona, Vanevik, Virbo, Lyfekil, Ramnäs ufw.; in Norwegen – der Idefjord, die Gegend von Fevig ufw.; in Finnland, alles meift rote, farbenprächtige Gefteine, oft mit blauem Quarz. Öfterreich – befonders Mauthaufen bei Linz, Gmünd (grau) und in Böhmen bei Einfiedel und Petersburg; Italien bei Baveno am Lago Maggiore (fleifchfarben); Schottland (rote und graue).

Der Name Granit wird oft fälfchlich anderen Gefteinen beigelegt, fo „fchwarzer fchwedifcher Granit“ für Diabafe und Diorite, „grüner fchwedifcher Granit“ für einen Pyroxengneis von Varberg und Udevalla, „belgifcher Granit“ für Kohlenkalke aus dem Hennegau und der Provinz Namur.

Häßlich find die fog. „Hechtftellen“ vorzugsweife bei grauem Granit, größere oder kleinere fchwärzliche Flecken, in welchen Hornblende dicht verteilt in feinen Kriftallen auftritt.

Die Feftigkeit der Granite ift nach den verfchiedenen Fundorten und in diefen felbft eine fehr fchwankende:

	Durchfchnitt	Kleinftbetrag	Höchftbetrag
1) Druckfeftigkeit	1600	450	2400 3000
2) Zugfeftigkeit	30	20	45
3) Biegungsfeftigkeit	140	75	210
4) Scherfeftigkeit	80	25	130 [19])
	Kilogr. für 1 qcm.		

Syenit. Hauptbeftandteile: Feldfpat und Hornblende; Quarz nur unwefentlich. Name von Syene (Affuan), daher im Altertum der Granit fälfchlich „Syenit“ genannt. Verwendung gleich dem Granit. Druckfeftigkeit 800 bis 2500 kg für 1 qcm. Wenig verbreitet. In Deutfchland befonders im Plauenfchen Grunde bei Dresden und bei Meißen (rot bis rotbraun), im Fichtelgebirge bei Wölfau, Redwitz, dann bei Afchaffenburg, im Odenwalde (Auerbach, Weinheim) ufw. Die fälfchlich mit „Syenit“ bezeichneten Gefteine find meift Diabafe, fo der Laufitzer aus der Gegend von Spremberg und Neufalza; der Odenwälder ift ein grün und weißer Diorit, dagegen der fog. fchwedifche oder norwegifche Labrador ein Augitfyenit von Laurvig in Norwegen.

Diorit. Hauptbeftandteile: Feldfpat (Plagioklas) und Hornblende; zu erkennen an dem faft immer vorhandenen Schwefelkies. Deshalb im Freien nicht fo haltbar wie die vorigen. Druckfeftigkeit durchfchnittlich 2000 kg für 1 qcm. Meift fchwärzlich mit weißem oder grünlichem Feldfpat. Oppach bei Neufalza im Königr. Sachfen, im Fichtelgebirge, im Harz, Odenwalde ufw.

Gabbro. Hauptbeftandteile: Feldfpat (Labrador) und Diallag oder Smaragdit. Technifch wenig brauchbar. Am Zobtenberge, bei Neurode und Frankenftein in Schlefien, im Harz, auf Korfika (*Verde di Corfica*), in Toskana ufw.

[19]) Näheres über Druckfeftigkeit, Eigengewicht und Verwendung in: Koch, a. a. O.

27. Vulkanifche Gefteinsarten.

Porphyr. In der Grundmaffe von Feldfpat (Orthoklas) liegen deutlich einzelne Kriftall- oder Mineralkörner. Nach diefen Beftandteilen unterfcheidet man hauptfächlich Quarz-, Granit- und Syenitporphyr.

α) Quarzporphyr. Aus der granitifchen, dichten Grundmaffe von weißer, grauer, rötlicher bis brauner Farbe treten Kriftalle oder Körner befonders von Quarz und Kalifeldfpat (Orthoklas) hervor. Letzterer heißt technifch roter oder Felfitporphyr; der erftere ift dagegen der eigentliche Quarzporphyr. In Deutfchland ziemlich verbreitet (Oden-, Thüringer-, Schwarzwald, Harz, bei Halle, in Schlefien, Sachfen), werden beide Arten nur zum Wegebau benutzt. Der Felfitporphyr von Elfdalen in Schweden wird zu polierten Kunftgegenftänden, der Quarzporphyr von Südtirol auch zu Bauzwecken (Wien) verarbeitet. Druckfeftigkeit 1500 bis 2800 kg für 1 qcm.

β) Granitporphyr, in der Struktur zwifchen Granit und Quarzporphyr ftehend; hat eine rötliche, grünlich graue, auch bräunliche Grundmaffe, in welcher große Feldfpatkriftalle liegen. Daneben ift auch Quarz reichlich vorhanden. Wenig verbreitet. Am bekannteften der Granitporphyr von Beucha bei Leipzig.

γ) Syenitporphyr. Aus der faft ftets kriftallinifchen Feldfpatgrundmaffe treten die Hauptgemengteile des Syenits, Orthoklas und dann Hornblende, Augit oder Biotit heraus. Daher unterfcheidet man:

a) Quarzfreien Orthoklasporphyr,
b) Hornblende-Syenitporphyr,
c) Augit-Syenitporphyr und
d) Biotit-Syenitporphyr, welche meift nur eine geringe lokale Bedeutung haben.

Porphyrit. Grundmaffe: Plagioklas und Hornblende, darin Hornblende, Augit oder braunfchwarzer Glimmer und danach wieder die verfchiedenen Arten. Großartige Brüche von Hornblende-Porphyrit bei Quenaft und Leffines in Belgien. (Druckfeftigkeit rund 2500 kg für 1 qcm.) Im Harz bei Ilfeld und Elbingerode. *Porfido roffo antico*, ein braunroter Hornblende-Porphyrit von Djebel Dokhan in Ägypten, *Porfido verde antico*, ein olivgrüner Augitporphyr von Lakonien zwifchen Sparta und Marathon.

Diabas oder Grünftein. Hauptbeftandteile: Feldfpat und Augit. Dem Diorit fehr ähnlich. Brauft häufig beim Begießen mit Säuren infolge Zerfetzung des Kalkfeldfpates. Der dichte grüne Diabas wird fälfchlich als Bafalt bezeichnet. Druckfeftigkeit durchfchnittlich 1900 kg für 1 qcm. Sehr verbreitet in Deutfchland; bei Taubenheim und Oppach bei Neufalza, bei Spremberg, Senftenberg, Kamenz in der Laufitz, im Harz, im Fichtelgebirge, bei Kreuznach ufw. Im Handel oft fälfchlich Syenit oder auch Granit genannt; fo ift z. B. der fchwarze fchwedifche Granit Diabas aus dem füdlichen Schweden.

Melaphyr. Wefentlich aus Labrador (Natronkalkfeldfpat), Augit und Olivin zufammengefetzt; in der Induftrie auch fchwarzer Porphyr genannt. Dem Bafalt fehr ähnlich, brauft aber bei Behandlung mit Säuren. Zum Straßenbau. Druckfeftigkeit 600 bis 3300 kg für 1 qcm.

Liparite (Rhyolithe), darunter: Phonolit (Klingftein), Obfidian und Pechftein, glafige Gefteine, erfterer hauptfächlich im nördlichen Böhmen; alle für die Bauinduftrie von geringer Bedeutung, dagegen mehr das vierte Geftein diefer Gruppe, der

Bimftein, ein glafiges, fehr poröfes, fchaumiges Eruptivgeftein von meift weißgrauer Farbe. Gibt als fchlechter Wärmeleiter gute, gefunde Wohnräume; leichter Bauftein (Kuppel der *Agia Sophia* in Konftantinopel) und auch als Schleifmittel benutzt. Bei Benndorf unweit Koblenz, in Ungarn, auf den liparifchen Infeln, am Vefuv ufw.

Trachyt und Andefit. Erfterer wefentlich Kalifeldfpat (Sanidin) mit Hornblende, Augit oder Glimmer, letzterer Natronfeldfpat (Labrador) mit Hornblende oder dunklem Glimmer (Biotit). Beide find feinkörnige und poröfe Gefteine von lichtgrauer, gelblicher

rötlicher bis brauner Farbe mit jenen dunklen, eingeſtreuten Kriſtallen. Tritt der Sanidin in großen Kriſtallen, wie beim Drachenfelſer Trachyt auf, dann iſt das Geſtein ſehr verwitterbar. Fundſtellen von Trachyt: im Siebengebirge (Perlenhardt, Hohenburg), Berkum bei Godesberg, Ungarn, Kleinaſien; von Andeſit: Siebengebirge (Wolkenburg, Stenzelberg, Roſenau), in der Rhön, Eifel, im Weſterwald, in Ungarn, Siebenbürgen uſw. Am beſten eignet ſich für Bauzwecke der Stenzelberger Hornblende-Andeſit. Seine Druckfeſtigkeit beträgt 700 bis 930 kg für 1 qcm, diejenige der anderen Geſteine weniger, bis 380 kg für 1 qcm herab (Weſterwald).

Baſalt und Dolerit. Ein ſehr dichtes, ſcheinbar gleichartiges, dunkelgraues oder bläulichſchwarzes Geſtein, hauptſächlich aus Plagioklas, Augit und Olivin beſtehend. Sehr ſpröde und wärmeleitend, gibt kaltfeuchte Mauern und ſchmilzt in ſtarkem Feuer. Druckfeſtigkeit ſehr hoch und verſchieden, 1000 bis 5000 kg für 1 qcm. Verwendung zu Fundamenten und rohen Mauern, beſonders aber beim Wegebau. In Deutſchland weitverbreitet; bildet einzelne Kuppen und tritt beſonders ſäulenförmig auf. Sind die Gemengteile des Baſaltes deutlich zu unterſcheiden, dann heißt er Dolerit. Druckfeſtigkeit 800 bis 1300 kg für 1 qcm.

Lava heißt jeder erſtarrte Auswurf aus Vulkanen. Man unterſcheidet insbeſondere Baſalt- und Trachytlaven, erſtere dunkelgrau, letztere weſentlich heller. Baſaltlava iſt ein ausgezeichneter, wetterbeſtändiger Bauſtein mit einer Druckfeſtigkeit von etwa 600 kg für 1 qcm. Sehr porös und leicht bearbeitbar, ſchlechter Wärmeleiter. Profile laſſen ſich ſchlecht arbeiten, ſonſt zu allen Hoch- und Waſſerbauarbeiten geeignet. Beſonders bekannt iſt die Baſaltlava von Niedermendig (auch Mühlſteine) bei Andernach a. Rh., diejenige vom Perlenkopf und der Hannebacher Ley in der Laacher Gegend, ſowie die von Keſſelbach und Londorf in Oberheſſen.

2) Kriſtalliniſche Schiefergeſteine.

28. Geſteinsarten.

Gneis. Die ſchieferige Ausbildung des Granits, alſo genau mit ſeinen Gemengteilen, aber beſonders die dünnſchichtigen weniger wetterbeſtändig. Kommt in Deutſchland in allen Gebirgen vor, ſonſt beſonders in Skandinavien und Schottland. Verwendung wie Granit, doch nicht als Pflaſterſtein. Druckfeſtigkeit durchſchnittlich 1700 kg für 1 qcm.

Granulit. Abart des Gneiſes (Feldſpat, Quarz, ſowie kleine Granaten und ſchwarzer Glimmer). Weißliche Farbe (Weißſtein). In Sachſen zwiſchen Glauchau, Rochlitz, Roßwein und Frankenberg, bei Budweis, in den Vogeſen uſw. Als Plattenſtein benutzbar.

Glimmerſchiefer. Hauptbeſtandteile: Quarz und Glimmer, dabei faſt immer Granaten. Durch Zurücktreten des Glimmers geht er in Quarzſchiefer über. Wetterbeſtändigkeit hängt von der Zunahme des Quarzes ab, ſonſt gering; dagegen iſt er ſehr feuerbeſtändig und deshalb zum Bau von Feuerſtätten und Hohofenanlagen („Geſtellſtein“) benutzt. Farbe nach dem Glimmer ſilbergrau bis gelb und tombakfarbig. Faſt in allen deutſchen Mittelgebirgen, den Zentralalpen uſw.

Chlorit- und Talkſchiefer. Vorwiegend Chloritſchuppen, wenig Quarz und etwas Feldſpat. Lauch- bis ſchwärzlichgrün und ſeidenglänzend. Der franzöſiſche Dachſchiefer der Rimogne. Beim Talkſchiefer iſt der Chlorit durch Talkſchuppen erſetzt. Bei Chiavenna (Topfſtein), bei Drontheim uſw.

Phyllit (Urtonſchiefer). Hauptſächlich Glimmer und Quarz, dann Chlorit, Feldſpat, auch Schwefelkies enthaltend. Sehr feinkörnig, meiſt graugrün, ſchwärzlich, ſelten rötlich. Als Plattenſtein, zu Billardtafeln uſw. verwendet. In den Ardennen.

Amphibolſchiefer (Hornblendeſchiefer); Hornblende und nebenbei Feldſpat. Erz- und Fichtelgebirge. Als Plattenſtein und Dachſchiefer verwendbar; Amphibolit mit Kalkſpatadern durchſetzt auch als Dekorationsſtein.

Serpentin. Hauptſächlich aus Olivin hervorgegangen, ſonſt noch Diallag, Hornblende, Eiſenoxyd uſw. enthaltend. Dicht und feinkörnig, dunkelgrün mit dunkleren Flecken, aber auch rot, grüngrau und ſtrohgelb (Snarum in Norwegen). Nicht wetterbeſtändig, daher nur für innere Arbeiten, Säulen, Baluſtraden, Kamine, weil feuerbeſtändig, brauchbar. Beſonders bei Zöblitz in Sachſen, am Zobtenberge, bei Finſtermünz in Tirol, bei Prato *(Verde* und *Nero di Prato),* Suſa *(Verde di Suſa),* Polceverra *(Verde di mare),* Pegli *(Verde di Pegli)* in Italien, auf Korſika, Euböa, Tinos uſw.

Geſchichtet enthält er in mehr oder weniger ſtarken Lagen den Aſbeſt, eine faſerige, ſeidenglänzende Maſſe von meiſt weißer Farbe. Aſbeſtpappe, Aſbeſtzement uſw. für Iſolierungen gegen Feuersgefahr.

Eklogit. Graugrüner Augit mit roten Granaten. Für Bauzwecke wenig benutzbar. Im Erz- und Fichtelgebirge.

3) Sedimentgeſteine (Schichtgeſteine, Verſteinerungen führende Geſteine).

α) Kriſtalliniſche Geſteine.

An die kriſtalliniſchen Schiefergeſteine reihen ſich an:

29. Geſteinsarten.

Quarzit, Quarzſchiefer und Verwandtes. Beſteht vorwiegend aus Quarz, vielfach mit Granat und Glimmer, mit welchem er in Glimmerſchiefer übergeht. (Siehe Art. 28, S. 91.) Farbe hell, oft ſchneeweiß. Der Quarzitſchiefer von Crummendorf bei Strehlen in Schleſien zu Feuerungsanlagen benutzt. Feuer- und Hornſtein, rauchgraue, braune bis ſchwarze Kieſelmaſſen, ſcharfkantig und an den Rändern durchſcheinend. Kieſelſchiefer ſind dichte, meiſt ſchwärzliche Geſteine, hauptſächlich aus Quarz beſtehend; Probierſtein für Goldarbeiter. Süßwaſſerquarz, ein poröſes Geſtein von heller Färbung, zu Mühlſteinen verarbeitet; im Pariſer Becken. Kieſelgur (Infuſorienerde) beſteht aus mikroſkopiſch kleinen Opalpanzern von Diatomeen, insbeſondere zum Zwecke des Wärmeſchutzes, als Poliermittel uſw. benutzt; in der Lüneburger Heide. Polierſchiefer (Tripel) ähnlich mit deutlicher Schieferung; bei Bilin in Böhmen.

Kalkſtein. Ein feinkörniges bis dichtes Geſtein, welches aus kleinen Kalkſpatteilchen, alſo vorwiegend aus kohlenſaurem Kalk beſteht. Kalk, Gips, Anhydrit und Dolomit kann man durch folgende Proben unterſcheiden. Gips läßt ſich mit dem Fingernagel ritzen, alle vier Geſteine mit dem Meſſer, jedoch nicht der manchmal ähnliche Quarzit. Kalkſtein löſt ſich unter Aufbrauſen in kalter Salzſäure, Dolomit erſt in Geſtalt von Pulver oder in warmer Salzſäure; Gips und Anhydrit verändert ſich darin nicht. Gips gibt im langen Glasrohre erhitzt Waſſer ab, die anderen nicht. Die Druckfeſtigkeit des Kalkſteines iſt ſehr verſchieden, 500 bis 1500 kg für 1 qcm. Man unterſcheidet dichten Kalkſtein von Marmor. Der Petrograph verſteht unter dichtem oder ſchlechthin Kalkſtein alle ſehr feinkörnigen, dagegen unter Marmor alle deutlich körnigen Kalkarten, während der Techniker den Begriff »Marmor« auf alle politurfähigen Kalkſteine ausdehnt.

a) Dichter Kalkſtein. Enthält neben anderen nebenſächlichen Beſtandteilen häufig Tonteilchen, welche bei Behandlung mit Salzſäure zurückbleiben, und Verſteinerungen. Farbe oft reinweiß, aber auch gelblich, grau, rot, braun, ſchwarz und gefleckt. Nach den Beimengungen gibt es: tonigen, mergeligen Kalkſtein, welcher zu untergeordneten Bauzwecken, gebrannt zur Bereitung von hydrauliſchem Mörtel dient. Zu den Kalkmergeln, welche einen größeren Gehalt an Ton haben als die Mergelkalke, iſt der Solenhofener lithographiſche Schiefer zu rechnen, der auch zu Fußbodenbelägen ausgedehnte

Verwendung findet. Ihnen nahe steht der Plänerkalk (bei Dresden). Bituminöse Kalke sind von Bitumen durchdrungen und dienen pulverisiert, erhitzt und komprimiert zum Straßenbelag. Kieselige Kalksteine, durchtränkt von quarziger oder opaliger Kieselsäure. Ferner Grobkalk, denen Quarzsand beigemischt ist, im Pariser Becken, bei Savonnières im Depart. Meuse und an vielen Stellen Frankreichs, in den Brüchen von Jaumont bei Metz, der Jurakalk von Offenstetten bei Kehlheim, die Leithakalke usw. Die Kreide, eine erdige Anhäufung von kleinsten Kalkscheibchen nebst Schalen von kleinen Tieren; auf Rügen, im Südosten Englands, im Nordwesten Frankreichs, auf Euböa u. a. O.

Nach der Struktur unterscheidet man neben den dichten Kalken oolithische Kalksteine, die aus runden, rogen- oder erbsenartigen, durch kohlensauren Kalk verkitteten runden Körnern bestehen. Hierzu gehört der rote bis braune Rogenstein von Aderstädt bei Bernburg und der Erbsenstein von Karlsbad, Tivoli bei Rom usw. Ferner bei poröser Struktur Schaumkalke, bei denen die Kügelchen der vorigen durch Gewässer aufgelöst sind, und Kalktuff und Travertin, löcherige Kalksteine, die sich oft um Pflanzenteile aufgelöst haben. Kalktuff bei Cannstadt und Göttingen, Travertin bei Tivoli. Kalksinter nennt man die mannigfaltigen Kalkabsätze von Quellen (Süßwasserkalk), teils aus Kalkspat, teils aus rhombisch kristallinischem, kohlensaurem Kalk, dem Aragonit bestehend. Hierzu gehört der Onyxmarmor, ein durchscheinend gelblicher oder auch grünlicher, vielfach rot oder weißgeschichteter Kalkstein aus Brasilien, Mexiko und Oberägypten stammend, aber auch in Württemberg bei Hardt, O.-A. Münsingen.

b) Marmor. Reine Arten sind ganz weiß. Gelbe und braune Färbung wird durch Eisenhydroxyd, rote durch Eisenoxyd, graue und schwärzliche durch Graphit und Kohle hervorgerufen. Sonstige Beimengungen sind Glimmer, Augit, Quarz usw. Die Marmore sind hiernach geadert, fleckig, streifig, geflammt. Cipolino heißt ein von Glimmerlagen durchzogener, Ophicalcit ein von Serpentinadern durchsetzter Marmor.

aa) Statuenmarmor, möglichst rein weiß; außer den antiken, kunstgeschichtlich hervorragenden vom Pentelicon, Hymettus, von der Insel Paros, welche auch heute wieder gebrochen werden, der Marmor von Carrara in Italien, von Laas und Schlanders in Tirol, von St. Béat im Depart. Haute-Garonne.

bb) Architekturmarmor. Weiße: die weniger reinen vorher genannten, dann Sterzing in Tirol, Pörtschach in Kärnten, Saubsdorf und Setzdorf in Österr.-Schlesien, Kunzendorf, Seitenberg in Preuß.-Schlesien, im Fichtelgebirge usw., der Pavonazzo von Carrara (weiß mit violetten und schwarzen Adern).

Fleischfarbene bis rötliche: Seitenberg in Schlesien.

Graue: Die vorhergenannten Brüche in Preuß.- und Österr.-Schlesien, Goldenstein und Lindewiese in Österr.-Schlesien, Prieborn bei Strehlen in Preuß.-Schlesien, der Bardiglio von Carrara usw.

Die meisten Architekturmarmore gehören jedoch zu den dichten Kalksteinen und hiervon mögen noch genannt sein:

Gelbliche bis gelbe: der Istrianer (Grisignana, Lesina, Merlera, Marzana), Giallo di Siena, Giallo antico (Tunis).

Braune: Veroneser und einzelne Sorten aus den Brüchen unweit Adnet bei Salzburg.

Fleischfarbene bis rote: Untersberger (bei Salzburg), Adneter (gescheckt), die Belgischen *Rouge royal, fleuri, imperial* (weißgeaderte), einzelne Arten von der Lahn (Bongard, Aumenau, Seelbach usw.), von Saalburg in Reuß, von Berchtesgaden (Lindenhöher), *Griotte d'Italie* von Caunes (Depart. Aude), *Rouge Languedoc* von Cannes (weiß geflammt), *Rosso antico* vom Kap Pagania in Griechenland.

Grüne: *Vert Campan* bei Tarbes im südlichen Frankreich, Poppenberger aus der Gegend von Soest in Westfalen, die Ophicalcite: *Vert des Alpes* (Maurin, Depart. Basses-

Alpes), Levanto (rot und grün) bei Spezzia; ferner die Cipoline von Saillon in der Schweiz, von Polcevera (bei Genua), ***Cipolino antico*** von Euböa.

Schwarze: Schupbach (Naſſau) mit weißen Adern, Saalburg in Reuß, Rären bei Aachen, ***Noir belge*** (Provinz Namur), Portor (von Portovenere unweit Spezzia) mit gelber Aderung, ***Nero antico*** vom Peloponnes.

Graue: die Lahnmarmore (Borngrund, Mühlberg, Grethenſtein), Saalburg in Reuß (graugrün), Rären bei Aachen, Adnet bei Hallein, die Belgiſchen ***Bleu belge,*** Sainte-Anne, belgiſcher Granit und die franzöſiſchen Napoléon, Joinville uſw.

Hellgrau iſt auch der Granitmarmor von Rohrdorf und Neubeuern bei Roſenheim in Bayern, ein Kieſelkalkſtein, der von ſeiner entfernten Granitähnlichkeit ſeinen Namen hat.

Zu den Marmoren iſt techniſch noch zu rechnen der Breccia-Marmor, ſo genannt, wenn ein Marmor Breccienſtruktur hat, wie die ***Brêche d'Herculanum*** von Givet im nördlichen Frankreich, Vaulfort in Belgien, ***Brêche d'Alep*** und viele andere franzöſiſche und afrikaniſche Arten; ſind die einzelnen Einſprengungen klein, ſo heißt er Brokatell-Marmor (***Brocatello di Spagna*** von Tortoſa); treten Muſchelverſteinerungen auf, ſo iſt die Bezeichnung Lumachel-Marmor (Frankreich). Erſcheinen moosartige, dunkle Abſätze, die aus Eiſen oder Manganoxyden beſtehen, wie häufig bei dem Solenhofener Lithographenſtein (ſiehe Art. 29, a, S. 92), dann nennt man dies Dendrite. Sind endlich durch Infiltration von rotbraunem Eiſenoxydhydrat die dichten Kalkſteine ruinen- oder feſtungsartig gezeichnet, ſo nennt man ſie Ruinenmarmor, wie den grauen mergligen Kalkſtein aus der Nähe von Florenz und den gelblichen bei Kloſterneuburg an der Donau.

Dolomit (Unterſcheidung von Kalkſtein, ſiehe S. 92). Reiner Dolomit beſteht aus Dolomitſpat, einer Verbindung von kohlenſaurem Kalk und kohlenſaurer Magneſia im Verhältnis 54 : 46 Vomhundert. Tritt hierzu noch freier kohlenſaurer Kalk, ſo entſtehen die Dolomitkalke, deren Farben und Beimengungen diejenigen des Kalkes ſind. Dem Marmor entſpricht der körnige Dolomit, zum Teile auch porös; löcheriche Dolomite heißen Rauhwacke; Dolomitaſche beſitzt pulverigen Zuſtand. Der körnige Dolomit iſt ziemlich wetterbeſtändig; Druckfeſtigkeit 400 bis 1300 ^{kg} für 1 ^{qcm}. Kunzendorf in der Grafſchaft Glatz (reinweiß), Rothenzechau bei Landeshut in Schleſien, grau, grünlich und rot geadert. Dichter Dolomit, dem dichten Kalk entſprechend, meiſt gelblich, grau und braun; Wetterbeſtändigkeit geringer. Fundorte: Anröchte (Kreis Lippſtadt), Vorwohle in Braunſchweig, an der Donau (Neuſtadt, Neuburg uſw.), im Laabertale (Bayern) und vor allem im Dolomitgebirge Südtirols. In großen Fabrikſtädten greift die ſchwefelige Säure des Steinkohlenrauches den Dolomit an.

Gips und Anhydrit. Ein kriſtalliniſches Geſtein aus ſchwefelſaurem Kalk und chemiſch gebundenem Kriſtallwaſſer (21 Vomhundert). Faſerig, ſchuppig, körnig oder dicht, oft ſeidenglänzend, reinweiß, grau oder rötlich. Druckfeſtigkeit 50 bis 70 ^{kg} für 1 ^{qcm}; wenig wetterbeſtändig. Hauptfundorte: der ſüdliche Harz, Seegeberg in Holſtein, die Gegend von Mansfeld, Staßfurt, Sperenberg bei Berlin, Lübtheen in Mecklenburg, meiſt in Begleitung von Steinſalz. Verwendung vorzugsweiſe zum Brennen. Abarten: der Alabaſter, körnig von meiſt weißer Farbe, aber auch grau geadert, zu Luxusgegenſtänden; Marienglas, ſpatiges, durchſichtiges Material, leicht ſpaltbar, für Zylinder, Ofenfenſter uſw., wird aber in der Hitze blind. Anhydrit, waſſerfreier Gips, wie dieſer, doch auch durchſcheinend blau gefärbt.

Magneſit. Verwitterungsprodukt von Olivingeſteinen; findet ſich gelegentlich mit Serpentinen, ſo bei Baumgarten in Schleſien, dann in Steiermark und auf der Inſel Euböa. Für feuerfeſte Ziegel und beſonders heute zur Bereitung von Fußbodenmaſſen dienend.

β) Klastische (Trümmer-)Gesteine.

Konglomerate und Breccien. Sind die durch ein Bindemittel zusammenhängenden Gesteinsbruchstücke an den Kanten abgerundet, so spricht man von Konglomeraten, während Breccien (siehe Art. 29, bb, S. 94) scharfe Kanten mit spitzen Ecken haben. Beide können Stücke desselben Minerals oder einer Anzahl verschiedener Mineralien enthalten, und zwar von Erbsengroße bis zum Umfange von Kubikmetern. Das Bindemittel kann tonig, eisenhaltig, kieselig, kalkig usw. sein. Die Bezeichnung richtet sich nach dem vorwaltenden Gesteinsgemengteil, und so gibt es: Granit-, Quarzporphyr-, Diabas-, Trachyt-, Basalt-, Quarzit-, Gneis-, Kalkstein- und Dolomit-Breccien und -Konglomerate.

30. Gesteinsarten.

Nagelflue ist ein aus etwa nuß- bis eigroßen Stücken von Kalk- und Sandstein, aber auch Quarz, Granit usw. zusammengesetztes Konglomerat, mit hellem, sandsteinartigem Bindemittel. Druckfestigkeit etwa 400 kg für 1 qcm. Für Hoch- und Wasserbau geeignet, jedoch nur von örtlicher Bedeutung. In den württembergischen und bayrischen Voralpen, in Salzburg, am Rigi usw.

Tuff (vulkanischer) ist ein loser Auswurf von Vulkanen, welcher durch Druck darauf ruhender Gebirgsmassen oder durch verkittende Absätze aus wässerigen Lösungen einen Zusammenhalt gefunden hat. Tuffe sind porös, von grauer, rötlicher oder gelblicher Farbe und in der Regel völlig wetterbeständig. In frischem Zustande leicht bearbeitbar, werden sie mit dem Alter härter.

a) Porphyrtuff; Rochlitz in Sachsen; fleischrot, porös mit kieselig-toniger Grundmasse. Druckfestigkeit 200 kg für 1 qcm. Schnellbach in Hessen-Nassau.

b) Diabastuff; grüngrau bis schmutziggrün. Harz, Vogtland und Oberfranken.

c) Trachyttuff; im Siebengebirge, in Ungarn. Weißlich und oft sehr mürbe, zum Backofenbau verarbeitet. Diesem sind die folgenden drei verwandt:

d) Traß oder Duckstein; aus Bimssteinfragmenten und Bruchteilchen von Trachyt, Grauwacke, Tonschiefer und Hornblende bestehend; gelblich bis bläulich grau. Gemahlen als hydraulischer Zuschlag geschätzt. Im Nettetal bei Kruft, Kretz und Plaidt (bei Andernach). Das Brohltal ist ziemlich erschöpft, nur noch der unbrauchbare „wilde Traß".

e) Leuzittuff enthält viele Leuzitkristalle; meist gelblich grau. Ausgezeichnetes Baumaterial. Druckfestigkeit 100 bis 150 kg für 1 qcm. In der Eifel bei Weibern, Bell, Rieden, Wehr usw. Feuerfest und außerordentlich wetterbeständig.

f) Bimssteintuff, Bimsstein-, Trachyt- und Glimmerteilchen mit Ton, Mergel usw. enthaltend; grau. Bei Neuwied und Andernach. Zur Herstellung der „Rheinischen Schwemmsteine" und für leichten Beton benutzt. Hierzu gehört auch die Puzzolane und der Posilipptuff bei Neapel, graugelb bis braun. Ähnlich die Santorinerde, beide als hydraulische Zuschläge brauchbar.

g) Basalttuff, schmutzig grau, auch bräunlich bis schwarz. Im Druseltal bei Kassel, der Peperino Albaniens.

Tonschiefer. Besteht aus feinsten Teilchen verwitterten Feldspates, also aus kieselsaurer Tonerde, Quarz und Glimmerschüppchen, und ist durch Ablagerung im Wasser entstanden. Verunreinigt ist er durch Schwefelkies, kohlensauren Kalk, Kohle usw. Von Phyllit hauptsächlich durch schwächeren Glanz unterschieden. Druckfestigkeit 600 bis 900 kg für 1 qcm, Zugfestigkeit 170 bis 200 kg für 1 qcm. Wasseraufnahme sehr gering, 0,6 Vomhundert durchschnittlich. Farbe grau, bläulich bis schwarz, hin und wieder auch rötlich, violett und grünlich.

Neben dem für die Technik wenig brauchbaren Tafel-, Griffel-, Wetzschiefer usw. ist der Dachschiefer zu nennen, von großer Spaltbarkeit und dunkler Färbung. Er darf nicht

bleichen, dann ift er verwitterbar, muß leicht bohrbar fein, beim Anfchlagen hell klingen und wafferdicht fein[20]). Schwefelkies ift mit dem Auge an der gelbglänzenden Farbe und beim Glühen an der ftechend riechenden fchwefeligen Säure, kohlenfaurer Kalk am Aufbraufen beim Begießen mit Salzfäure, Kohle am Gewichtsverluft beim Glühen zu erkennen. (Siehe übrigens auch Art. 19, S. 83.)

Fundorte in Deutfchland find: Leheften, Gräfenthal, Sonneberg, Wurzbach in Thüringen, der Hundsrück, Caub und Rüdesheim am Rhein, das Mofeltal, das Lahntal, Nuttlar und Raumland in Weftfalen, der Taunus und Harz; in England die Küfte von Wales (Pennrhyn, Port Madoc ufw.); in Frankreich Angers, Rimogne ufw.[21]). Der Schiefer von Leheften übertrifft alle an Wetterbeftändigkeit, auch die englifchen, welche vor den deutfchen Schiefern nur die Gewinnbarkeit in größeren Platten voraushaben[22]).

Sandftein befteht aus Quarzkörnern mit einem kiefeligen, tonigen, kalkigen (auch fchwefelfaurer Kalk), dolomitifchen, mergeligen oder fonftigen Bindemittel. Befonders Glimmerblättchen finden fich häufig dabei vor. Auf feinem Bindemittel und jenem Glimmergehalt beruht hauptfächlich das technifche Verhalten des Sandfteines. Andere zufällige Beftandteile find Tongallen, Eifenoxyd, fein verteilter Schwefelkies, Manganoxyd. Die Farbe hängt vorzugsweife vom Bindemittel ab, weil Quarz durchfichtig oder weißlich ift. Kiefelfäure, Kaolin, Kalkfpat und Dolomit find weißlich, Hämatit rot, Limonit gelb und braun, Glaukonit grünlich. Eifenoxyd und Eifenoxydhydrat färben gelb oder rot, Manganoxyd braunfchwarz. Auch organifche Beftandteile können graue oder fchwärzliche Färbungen hervorrufen. Kiefelige Sandfteine find fehr hart und wetterbeftändig; tonige ergeben beim Anhauchen den Tongeruch; kalkige braufen in kaltem Zuftande bei Behandlung mit Salzfäure, dolomitifche erft bei Erwärmung. Druckfeftigkeit fehr verfchieden, von 175 bis 1800 kg für 1 qcm. Stark tonige Sandfteine nehmen viel Waffer auf, zerfrieren leicht und fanden an der Oberfläche ab; kalkige leiden unter der fchwefeligen Säure der Feuerungsgafe; fchwefelkieshaltige verwittern unter Bildung von Brauneifenftein, Eifenvitriol ufw. Glimmerhaltige blättern bei Froft ab; Tongallen können dabei große Stücke abfprengen. Die Unterfcheidung der Sandfteine nach Formationen hat für die Techniker wenig Zweck. Deshalb follen nach der Farbe einige mit Bezeichnung der Fundorte angeführt werden.

Rote bis braune: Mainfandftein (Wertheim, Miltenberg ufw.) mit viel Glimmer; die Pfalz (Ebertsheim, Eifenberg, Kaiferslautern, Lauterecken); der Sollinger Wald (Fußbodenplatten); Neurode und Schlegel (Schlefien); Nebra an der Unftrut (mit Tongallen); Porta Weftfalica (grobkörnig, dunkelgrau, fpäter rotbraun); Alvensleben (Provinz Sachfen); Kyllburg (Rheinprovinz); Maulbronn ufw.

Gelbe: die Gegend von Bunzlau und der Heufcheuer in Schlefien; Blankenburg im Harz; Eggenftädt (Provinz Sachfen); Ofterwald, Neffelberg in Hannover; Udelfangen (Rheinprovinz); vom Seeberg bei Gotha; der Elbfandftein und der Cottaer (Königr. Sachfen); Burgreppach in Bayern; Heilbronn in Württemberg.

Weiß, gelblich- und grauweiß: die meiften der vorhergenannten Arten und außerdem: Ummendorf und Wefensleben (Provinz Sachfen); der Teutoburger Wald; Gildehaus, Ibbenbüren und das Süntelgebirge in Hannover, Wetter an der Ruhr; Kronach in Bayern; Hochdorf und Schlaitdorf in Württemberg.

Graue, gelblich-, grünlich- und blaugraue: Neuwaltersdorf (Graffchaft Glatz); Gommern, Plötzky ufw. (Provinz Sachfen); Elze und Mehle (Hannover); am Bückeberg (Obernkirchner); Velpke in Braunfchweig; Staudernheim (Rheinprovinz); Flonheim

---

[20]) Siehe auch: Teil I, Bd. 5 diefes »Handbuches« (Art. 112b, S. 129).
[21]) Siehe auch: Teil III, Bd. 2, Heft 5 diefes »Handbuches«, 2. Aufl. (Art. 43, S. 47 u. ff.)
[22]) Siehe auch: SEIPP, H. Die Wetterbeftändigkeit der natürlichen Baufteine. Jena 1900. S. 20 ff.

(Heſſen); Abbach, Bayerfeld, Alſenz, Lauterecken (Bayern); der Molaſſeſandſtein der Schweiz.

Grauwacke. Beſteht aus Quarzkörnern und aus Bruchſtücken von Feldſpaten, Glimmer, Kieſel- und Tonſchiefer mit einem kieſeligen oder kalkigen Bindemittel. Dünne Lagen bilden den Grauwackenſchiefer. Farbe grau, Druckfeſtigkeit 1000 bis 3000 ^{kg} für 1 ^{qcm}. Hauptſächlich örtlich und für Straßenbau. Im Siegtal, in der Koblenzer und Wetzlarer Gegend, im Harz, Fichtel- und Erzgebirge.

Kaolin, Ton, Lehm, Löß uſw. Kaolin iſt ein ſehr reiner, durch Zerſetzung von Feldſpat entſtandener, meiſt nur mit Quarzſand vermengter Ton. Weiß, rötlich, gelblich oder grünlich. Geſchlämmt zur Porzellanfabrikation benutzt. Bei Halle, Meißen, Wegſcheid in Niederbayern uſw. Ton iſt eine waſſerhaltige unreinere Maſſe. Beimengungen ſind: Glimmer, Feldſpatteilchen und färbende Beſtandteile (Eiſenoxyd — rot, Eiſenhydroxyd — braun und gelb, kohlige und ſonſtige organiſche Beſtandteile — blau, blaugrau, ſchwarz) dann oft ſchädliche Beimengungen, wie Magneſia-, Kali-, und Natronverbindungen, Schwefelkies uſw. Pfeifenton enthält nur wenig fremde Beſtandteile, iſt nach dem Brennen weiß und wird zur Herſtellung von Steingut benutzt. Chamotte- oder feuerfeſter Ton, im Feuer des Porzellanofens nicht ſchmelzend; zu feuerfeſten Steinen, Schmelztiegeln, zur Röhrenfabrikation uſw. benutzt. Fundorte: Groß-Almerode, bei Waldenburg in Schleſien, bei Paſſau, Koblenz, Duisburg, bei Bitterfeld, im Kannenbeckerlande, einem Teil des Engergaues im Weſterwald (Bierſeidel, Krüge, Flaſchen), bei Bunzlau in Schleſien. Töpferton enthält viel feinverteilten Quarzſand, iſt aber faſt frei von kohlenſaurem Kalk; in Velten bei Berlin (Ofenkacheln). Gebrannt rötlich bis rot. Lehm oder Löß iſt ein durch Brauneiſenſtein gelb oder bräunlich gefärbter Ton mit viel feinem Quarzſand; er enthält häufig kohlenſauren Kalk, Glimmerſchüppchen und ſonſtige Verunreinigungen. Bildſamkeit und Feuerfeſtigkeit weit geringer als bei Ton. Zur Ziegelfabrikation benutzt. Enthält Ziegelerde mehr als 80 Vomhundert Ton, ſo iſt ſie fett, bei 60 Vomhundert Sandbeimengung mager. Mehr als 15 Vomhundert Kalk machen ſie höchſtens noch zur Klinkerfabrikation brauchbar. Schlick und Schluff iſt der Schlamm der Flußniederungen, Tegel der Ton des Wiener Beckens, Klei der fette Ton der Flußniederungen. Tonmergel iſt reich an Kalk und leicht ſchmelzbar, Mergelton weniger kalkhaltig. Schiefertone und Schieferletten ſind dünngeſchichtete, tonreiche Geſteine mit Glimmerſchüppchen, gewöhnlich grau mit allen möglichen Abſtufungen. In naſſem Zuſtande bildet Schieferletten die Erde, die ſchlechthin „Letten“ genannt wird. Gewöhnlich grün- oder blaugrau. Bei roten Sandſteinen heißen dieſe Schiefertone „Rötelſchiefer“.

Erratiſche Blöcke (Findlinge) ſind durch die Gletſcher der Eisperiode weithin fortgeführt und Fremdlinge auf ihren Fundſtellen. Sie beſtehen deshalb aus den verſchiedenſten Geſteinen, am häufigſten Granit, Gneis, Diorit, Diabas, Porphyr uſw., und geben gutes Material zu Pflaſterungen und zyklopiſchen Mauern. Die größten Findlinge ſind der Margrafenſtein in den Rauener Bergen bei Fürſtenwalde und der Schwedenſtein bei Lützen.

Gerölle und Geſchiebe. Die mehr oder weniger ſtark fließenden Gewäſſer führen ſtets neue Trümmer der Geſteine, die durch die Einwirkung des Froſtes uſw. entſtehen, aus den Bergen herab. Sie runden ſich dabei ab, werden immer kleiner und man unterſcheidet dann Kies, Sand und Schlamm. Nach Art des Geſteines iſt die Verwendung verſchiedenartig, Kalkgerölle z. B. zum Brennen, Kiesgerölle aus Quarz zum Wegebau uſw.

Quarzſand. Beſteht hauptſächlich aus Quarzkörnern und iſt oft mit Kalk-, Ton-, Mergelteilen, Glimmer uſw. verunreinigt und gefärbt. Reiner Quarzſand iſt farblos.

Scharfkantiger Grubenſand iſt beſſer als der rundkörnige Flußſand. Staubförmiger Sand heißt „Flugſand“, von Quellen in der Schwebe gehaltener feiner Sand „Triebſand“.

Garten- und Dammerde bildet die oberſte Erdſchicht und iſt durch Verwitterung der Geſteine unter Beimengung verweſter pflanzlicher und tieriſcher Stoffe entſtanden. Sie enthält ſtets Kochſalz und erzeugt deshalb bei Berührung mit Kalkmörtel Mauerfraß (Chlorkalcium).

Literatur

über „Natürliche Bauſteine“.

SCHMID, C. Beſchreibung der vorzüglichſten, techniſch nutzbaren Gebirgsgeſteine etc. 2. Aufl. 1852.

MALÉCOT, L. *Notice ſur les matériaux de conſtruction employés en Belgique, comme pierres de taille.* Brüſſel u. Lüttich 1866.

FRIESE, F. M. Die Bauſtein-Sammlung des öſterreichiſchen Architekten- und Ingenieur-Vereins. Wien 1870.

ARNAUD. *Les marbres de France. Moniteur des arch.* 1870—71, S. 19, 50.

GILMORE, Q. *Report on the building ſtones of the United States.* New-York 1876.

Techniſche Mittheilungen des ſchweizeriſchen Ingenieur- und Architekten-Vereins. Heft 12: Die Bauſteine der Schweiz. Zürich 1878.

Der vulcaniſche Tuff als Bauſtein. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1879, S. 101.

Pierres à bâtir de la France. Encyclopédie d'arch. 1880, S. 23.

Origine et compoſition des principales roches employées dans la conſtruction. Gaz. des arch. et du bât. 1880, S. 3, 34, 38, 44, 56, 63, 67, 81.

GOTTSCHALDT, A. Ueber die Dichtheit einiger Elbſandſteinarten oder deren Undurchläſſigkeit für Waſſer. Civiling. 1880, S. 497.

HANHART, H. Ueber Marmor mit Bezugnahme auf deſſen Vorkommen in der Schweiz. Eiſenb., Bd. 12, S. 67.

GOWANS. *Building ſtones of Scotland. Builder,* Bd. 41, S. 673. *The architect,* Bd. 26, S. 343.

TERRIER, CH. *Les pierres à bâtir de la France.* Paris 1882.

GOWANS, J. *On the uſe of building ſtones. Builder,* Bd. 44, S. 87. *Building news,* Bd. 44, S. 60. *The architect,* Bd. 29, S. 42.

KOSMANN, B. Die Marmorarten des Deutſchen Reichs. Berlin 1888.

KRÜGER, R. Die natürlichen Geſteine, ihre chemiſch-mineralogiſche Zuſammenſetzung, Gewinnung, Prüfung. Bearbeitung und Konſervirung etc. Wien, Peſt u. Leipzig 1889.

GARY, M. Die deutſchen natürlichen Bauſteine in Bezug auf ihre Feſtigkeit und phyſicaliſchen Eigenſchaften. Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 53.

KOCH, H. Die natürlichen Bauſteine Deutſchlands etc. Berlin 1892.

DEMARET, M. J. *Marbres en Belgique et à l'étranger.* Brüſſel 1892.

KARRER, F. Führer durch die Baumaterial-Sammlung des k. k. naturhiſtoriſchen Hofmuſeums in Wien etc. Wien 1892.

SCHMID, H. Die natürlichen Bau- und Decorationsgeſteine. Wien 1896.

SCHMID, H. Die modernen Marmore und Alabaſter etc. Wien 1897.

SCHRÖCKENSTEIN, F. Silicatgeſteine und Meteorite. Prag 1897.

PETKOVŠEK, J. Die Baugeſteine Wiens in geologiſch-bautechniſcher Beleuchtung etc. Wien 1897.

MERRIL, G. P. *Stones for building and decoration.* New York 1897.

HERRMANN, O. Steinbruchinduſtrie und Steinbruchgeologie etc. Berlin 1899.

FIEBELKORN, M. Die Einteilung der natürlichen Bauſteine. Baumaterialkunde, Jahrg. 3, S. 172.

SEIPP, H. Die Wetterbeſtändigkeit der natürlichen Bauſteine und die Wetterbeſtändigkeitsproben etc. Jena 1900.

STEINLEIN, G. Die praktiſche Verwendung der Marmore im Hochbau etc. München 1900.

HANISCH, A. & H. SCHMID. Öſterreichs Steinbrüche etc. Wien 1901.

RINNE, F. Geſteinskunde für Techniker, Bergingenieure und Studirende der Naturwiſſenſchaften. Hannover 1901.

BLOCK, J. Ueber die wiſſenſchaftliche Werthbeſtimmung der Baumaterialien etc. Baumaterialienkunde 1902, S. 412; 1903, S. 10.

c) Gebrannte künftliche Steine.

31. Mauerfteine.

Indem eine fchärfere, auf die phyfikalifchen Eigenfchaften der gebrannten künftlichen Steine fich gründende Klaffifizierung dem folgenden Kapitel „Tonerzeugniffe" überlaffen bleibt, foll im nachftehenden hauptfächlich die Verwendung der verfchiedenen Sorten derfelben den Einteilungsgrund abgeben. Hiernach find zu unterfcheiden:

1) Backfteine oder Ziegel, die am allermeiften angewendete Sorte von gebrannten Steinen. Sie führen je nach Eigenfchaften und Verwendung verfchiedene Namen.

α) Gewöhnliche Backfteine oder Hintermauerungsfteine. Die zur Herftellung der Mauern, Gewölbe ufw. dienenden Backfteine erhalten meift eine parallelepipedifche Geftalt und die in nachftehender Tabelle angegebenen Abmeffungen, welche fich zum Teile auch auf einige gefchichtliche, in Ägypten und Rom üblich gewefene Formen beziehen.

Backfteine in:	Länge	Breite	Dicke	Nach:
Ägypten	410	200	100—130	*Adler*
Rom	212	212	40	*Chabat*
	445	445	50	
	594	594	55	
	457	305	44	*Gloffary of architecture*
Frankreich — Bourgogne	220	107	55	*Demanet*
Montereau	220	107	48—50	
Solins	220	107	48—50	
Sarcelles	210	95	50	
Paris	220	107	44—45	
England — London und Umgebung	228,6 (9 Zoll)	114,3 (4½ Zoll)	63,5 (2½ Zoll)	
Amerika — Neu-England, Nord	225	114	66,5	Deutfche Töpfer- und Ziegler-Zeitung
„ „ , Süd	219	114	63,5	
New Jerfey	222	98,5	60	
New York	219	105	66,5	
Pennfylvanien	228	114	57	
Südftaaten	241	117,5	66,5	
Brafilien	292	140	89	
Schweiz	250	120	60	Vom Schweiz. Arch.- u. Ing.-Verein 1882 angenommen
Holland — Utrecht	220	105	50	*Teirich*
Yffel	160	75	40	
Friesland	170	80	40	
Schweden	250	120	65	Von fchwedifch. Fachvereinen 1881 feftgefetzt
Öfterreich (in Wien gefetzliches Format)	290	140	65	
Bayern	320—340	160—162	60—67	
Deutfchland — Normal-Backfteinformat (in Preußen für Staatsbauten vorgefchrieben)	250	120	65	Verband deutfcher Architekten- u. Ingenieur-Vereine
do. — Kirchen- oder Klofterformat	285	135	90	
do. — Verblendfteine	252	122	69	
	Millimeter			

Die Ziegel werden faft ausnahmslos in gebranntem Zuftande verwendet.

7*

In kultur- und brennstoffarmen Gegenden bedient man sich heute noch der lufttrockenen, ungebrannten Ziegel, der Lehmsteine, welche jedoch ein wenig wertvolles und unbedeutendes Baumaterial abgeben. Dasselbe ist der Fall mit den auch aus ungebranntem Ton mit Zusatz von gehacktem Stroh, Flachsschäben, Spreu u. dergl. angefertigten Lehmpatzen. Die Lehmsteine erhalten in der Regel das Normalformat; die Lehmpatzen macht man gewöhnlich 30 cm lang, 14 cm breit und 14 cm dick. Im übrigen mag die Bemerkung genügen, daß beide nur zu inneren, den Witterungseinflüssen entzogenen Wänden geeignet sind, weshalb als Schutzmittel derselben gegen aufweichende Nässe nur die Isolierung vom Boden und ein Überzug mit Mörtel nach völliger Lufttrocknung oder mit einer Holzverschalung einigermaßen wirksam sind.

Den gewöhnlichen Mauersteinen stehen die sog. Klinker gegenüber, welche besonders stark gebrannt, durchweg oder doch in den äußeren Schichten gesintert, infolgedessen für Wasser undurchdringlich sind und eine große Härte besitzen. Sie werden auch aus dem Brande der gewöhnlichen Mauersteine ausgesucht und haben dann geringere Abmessungen als die normal gebrannten Steine, welche dem Feuerherd weniger nahe gestanden haben (Tonwaren mit geflossenen Scherben; vergl. Kap. 2: Tonerzeugnisse), sind meistens auch krumm und schief.

Außer den gewöhnlichen Mauersteinen, welche nach der Art ihrer Fabrikation in Handschlag- und Maschinensteine geschieden werden, kommen für bessere Rohbauten die Verblendsteine, Verblender, Verkleidungssteine vor, welche aus sorgfältiger vorgearbeitetem Ton scharfkantiger und ebenflächiger geformt sind und in der Farbe rein und gleichmäßig sein sollen. Sie werden deshalb in etwa halbtrockenem Zustand nachgepreßt und der Farbe nach ausgesucht; ganz sauber hergestellte hohle oder volle Verblender werden sogar jeder einzeln nachgeschnitten oder geglättet. Zu bemerken ist hierbei noch, daß das Format dieser feineren Blendsteine häufig etwas stärker genommen wird als das der Hintermauerungssteine, nämlich die Länge 252 mm, die Breite 122 mm, die Dicke 69 mm, um auf diese Weise die Verblendung mit engeren, nur 8 mm starken Fugen herstellen zu können. Die gewöhnlichen Verblender werden wohl auch durch Aussuchen der besten Steine aus der Masse erlangt. In neuerer Zeit wendet man sich jedoch für die Verblendung wieder mehr dem alten Handstrichsteine zu und bevorzugt ein größeres Format, welches nach den Bestimmungen des preußischen Ministeriums für öffentliche Arbeiten $285 \times 135 \times 90$ mm beträgt.

Die verschiedenartige Färbung, auf welcher die architektonische Wirkung der Rohbaufassaden mit beruht, wird entweder durch Verwendung sich verschiedenfarbig brennender Tone oder durch Engobieren, d. h. Eintauchen des getrockneten ungebrannten Backsteines in Tonschlamm, welcher beim Brennen eine bestimmte Farbe gibt, hervorgebracht. Auch fertig gebrannte, jedoch ungleichmäßig gefärbte Steine werden manchmal noch nachträglich mit Engobe versehen, über deren Haltbarkeit man aber doch gerechte Zweifel haben kann.

Die gewöhnlichen Mauersteine sowohl, als auch die Verblender kommen des Verbandes halber auch in Stücke geteilt vor. Das Zweiquartier oder der halbe Stein stellt den querhalbierten Stein dar, das Längsquartier den längshalbierten Stein; das halbierte Zweiquartier, also der vierte Teil des Steines bei gleicher Dicke, gibt das Quartier schlechtweg oder „Riemchen“, und ein Stein, welcher die Steinbreite und nur $^3/_4$ der Länge hat, heißt Dreiquartier. Feine Verblendsteine werden schon der Kosten halber gewöhnlich als ganze, $^3/_4$-, $^1/_2$- und $^1/_4$-Steine bestellt[22]). Die Römer bedienten sich zu ihren quadratischen Ziegeln an den Mauerecken der dreieckigen Steine, durch diagonale Teilung der ganzen Steine erzeugt.

32.
Poröse Steine.

β) Poröse Steine. Um die Leichtigkeit natürlicher poröser Bausteine und die damit verbundenen Vorteile auch bei den Backsteinen zu erzielen, hat man seit den ältesten Zeiten danach gestrebt, die Porosität zu vermehren.

Dies kann dadurch geschehen, daß man dem ungebrannten Ton verbrenn-

[22]) Siehe auch über Normal-Verblendsteine von *Rühne & Cie.* in Helmstedt in Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. I, Abschn. 1, A, Kap. 2, c: Backsteinrohbau) dieses „Handbuches“.

bare Körper in Pulverform untermengt, welche beim Brennen mit Zurücklassung unbedeutender Aschereste verschwinden und eine Anzahl Porenräume erzeugen.

Solche Stoffe sind besonders Torfmull, Lohpulver, Sägespäne, Braun- und Steinkohlengrus usw.; die damit gemischten Steine nennt man hie und da, der Ähnlichkeit mit Tuffsteinen halber, Tuffziegel.

Sie haben allerdings die Vorteile der Tuffe in bezug auf Leichtigkeit und Ventilationsfähigkeit, verlieren jedoch ganz beträchtlich an Tragfähigkeit und zeigen löcherige Oberfläche und schlechte Kanten. Dazu kommt noch, daß die Asche der Gemengteile bei scharfem Brand häufig mit der Tonmasse Schmelz gibt und dadurch den Zusammenhang gefährdet, und daß derlei Steine, der Witterung ausgesetzt, gewöhnlich Ausblühungen von Alkalikarbonat zeigen, welches der Dauerhaftigkeit sehr abträglich ist. An feuchten Stellen bildet sich Mauerfraß.

Deshalb werden solche Tuffziegel nur im Inneren von Gebäuden zu leichten Einwölbungen, zur Ausmauerung von Fachwerk, zur inneren Verkleidung von Mauern benutzt und dürfen auf Tragfähigkeit nicht hoch in Anspruch genommen werden. Die meisten Tonwarenfabriken liefern solche Steine mit bis über 50 Vomhundert Hohlräumen, bei einer Festigkeitsverminderung von 60 bis 80 Vomhundert.

33. Hohlsteine.

γ) Hohlsteine. Den unter β angegebenen Zweck kann man in viel günstigerer Weise erreichen, wenn man die Backsteine mit regelmäßigen Hohlräumen herstellt.

Schon die Römer benutzten hohl geformte Tonmassen, meist in Form von Töpfen, zu Gewölbebauten und als Verkleidung der Innenwände, sowie zur Leitung der erwärmten Luft aus dem Hypocaustum. Heute stehen noch Kuppeln und Gewölbe aus Töpfen in Rom (Kirche S. Stefano, Faunustempel, von *Claudius* erbaut, Grabmal der hl. Helena) und Ravenna (San Vitale), und durch das ganze Mittelalter hindurch bediente man sich der Topfziegel. *Borie* hat vor einiger Zeit die gegenwärtige Form der Hohlsteine als mit der Drainpresse hergestellte Ziegel eingeführt.

Die Hohlsteine können entweder einen an beiden Enden offenen Kasten vorstellen, oder aber, wie es gewöhnlich ist, sie besitzen der Länge nach durchgehend eine Anzahl viereckiger oder runder Löcher, welche nur so viel Masse übrig lassen, als die Tragfähigkeit erfordert. Solche Hohlziegel mit Längshohlgängen werden nur als Läufer benutzt. Hohlziegel mit Querhohlgängen dienen als Binder, und die seltener gebrauchten Steine mit lotrecht durchbohrten Wänden dienen als Eckziegel. Solche Hohlsteine werden vielfach Lochsteine genannt.

Neuestens hat man auch die Längs- und Querhohlsteine so hergestellt, daß die Löcher nicht ganz durchgehen, so daß fünf volle Seiten vorhanden sind. Dadurch entfallen dann die für die Mörtelverwendung und gleichmäßiges Setzen des Mauerwerkes ungünstigen, lotrecht gelochten, in England eingeführten Hohlsteine.

Die Hohlsteine bieten den gewöhnlichen Mauersteinen gegenüber mannigfache Vorteile: sie lassen sich mit weit weniger Material genauer und von gleichmäßigerem Gefüge anfertigen als die Handschlagsteine; sie lassen sich schneller formen und trocknen, brennen sich leichter und durchweg gleichmäßiger, ersparen an Frachtkosten, erzeugen eine geringere Belastung durch das Eigengewicht und stehen bei gehöriger Wand- und Stegdicke an Tragfähigkeit den gewöhnlichen Backsteinen nicht nur nicht nach, sondern besitzen nach *Tetmajer*, infolge der Verdichtung der Masse und infolge gleichmäßigeren Durchbrennens, höhere Festigkeit als Vollsteine. Außerdem sind sie schlechtere Wärme- und Schallleiter und geben rasch trocknende und trocken bleibende Mauern.

Die Wand- und Stegdicke bewegt sich zwischen 25 und 15 mm, sollte jedoch dem unten folgenden Vorschlag des Berliner Architekten-Vereines gemäß nicht unter 20 mm betragen.

Auch poröse Ziegel werden als Lochsteine hergestellt, um ein besonders leichtes Material zu gewinnen.

Die Qualität der Backsteine, sowohl der gewöhnlichen wie der Form- und Hohlsteine, hängt innigst mit der Art der Anfertigung und diese mit der Natur des Rohmaterials zusammen. Die Herstellung von Maschinensteinen, so schwierig sie anfangs sich Eingang verschaffen konnte, weil die Natur des Rohmaterials für die Brauchbarkeit der betreffenden Maschinenkonstruktion maßgebend ist, so sehr hat sie sich heute verbreitet, und alle Vorurteile gegen Maschinensteine im allgemeinen, weil die anfänglichen Erzeugnisse noch manchen Fehler zeigten, sind nicht imstande, ihre Weiterverbreitung zu hindern. Die Maschinensteine haben

außer ihrer genaueren Form geringere Porofität und tatfächlich größere Feftigkeit. Die anfänglichen Fehler des faferigen Gefüges und infolgedeffen des fchlechteren Behauens haben rationelle Fabrikanten längft überwunden[24]).

34. Formfteine.

2) Formfteine. Für Konftruktionszwecke anderer Art, als die Aufführung von gewöhnlichen Mauern ufw., dienen in verfchiedenen Ländern fehr verfchiedene Abmeffungen und Profile. Man hat parallelepipedifch geformte Steine, jedoch mit anderen Abmeffungen als die Mauerfteine; allein auch andere Formen, wie z. B. Gewölb-, Brunnen-, Kamin-, Gefims- ufw. Steine, kommen vor.

In Wien find in diefer Richtung im Gebrauche: Wölbfteine von 237 mm Länge, 158 mm Breite und 65,8 mm größter Dicke, die Keilform je nach dem Halbmeffer der Wölblinie verfchieden; Pflafterfteine von 250 mm Länge, 158 mm Breite und 39,5 mm Dicke; Gefimsfteine von 474 bis 632 mm Länge, 158 bis 210,7 mm Breite und 92 bis 118,5 mm Dicke.

In Deutfchland hat der Berliner Architekten-Verein auch auf dem Gebiete der Verblender und Formfteine Normalien entworfen, welche fodann vom Verein für Fabrikation von Ziegeln, Tonwaren, Kalk und Zement (in der 15. Generalverfammlung am 3. bis 5. Februar 1879) beraten und angenommen wurden.

Die vereinbarten Normen lauten:

„α) An dem bisherigen Normalformat von 250, 120 und 65 mm ift für die Hintermauerungsfteine feftzuhalten und eine ftrenge Durchführung desfelben mehr als bisher anzuftreben. Zur Herftellung von feineren Rohbauten find die Verblendfteine fo weit zu vergrößern, daß Lager- und Stoßfugen eine gleichmäßige Breite von 8 mm erhalten, d. h. $^{1}/_{1}$-Verblendfteine find 252 × 122 × 69 mm groß, $^{3}/_{4}$-, $^{1}/_{2}$- und $^{1}/_{4}$-Steine entfprechend groß zu fertigen.

β) Die zuläffigen Abweichungen find nach der Feinheit des Materials und der beanfpruchten Eleganz des Baues in jedem Falle feftzufetzen. Bei feinen Verblendern follen die Abweichungen der Steine untereinander 1 mm nicht überfchreiten.

γ) Die Wandftärken hängen von dem Material und von dem Zweck ab, wozu der Stein verwendet werden foll (Verbindung, Ausmauerung von Fachwerkwänden, leichte Gewölbe ufw.). Bei den äußeren Verblendfteinen follen die Wandungen nicht weniger als 20 mm betragen. Bei lotrecht gelochten Steinen dürfen die Löcher zur Vermeidung von Mörtelverluft und ftarkem Setzen des Mauerwerkes nicht größer als 15 mm im Durchmeffer fein.

δ) Es ift wünfchenswert und der Verbreitung des Backfteinrohbaues förderlich, wenn auf den Ziegeleien neben den gewöhnlichen Verblendfteinen, Dreiquartieren ufw. auch eine Anzahl einfacher und häufig wiederkehrender Profilfteine vorrätig gehalten wird. Die Steine find auf allen Ziegeleien als Normalfteine mit denfelben fortlaufenden Nummern zu bezeichnen, welche fich nur auf das Profil beziehen, wogegen Steine desfelben Profils, jedoch in abweichenden Längen, keilförmige ufw. durch hinzugefügte Buchftaben zu bezeichnen find, alfo z. B.: 4a, 4b ufw. Behufs leichterer Einbürgerung folcher Normalformen find davon nur 12 aufzunehmen (Fig. 1):

Nr. 1: Kleiner Schmiegeftein, 187 mm lang (Schmiege 70 mm lang);
Nr. 2: Großer Schmiegeftein, 252 mm lang (Schmiege 110 mm lang);
Nr. 3: Achteckftein wie No. 2, jedoch mit rechteckiger Stoßfuge;
Nr. 4, 5, 6, 7: Einfache Profilfteine in der Größe eines Dreiquartiers, d. h. 187 mm lang;
Nr. 8 bis 12: Einfache Gefimsfteine, 252 zu 122 zu 69 mm groß, das Profil an der langen Seite.

Zu den Steinen Nr. 8 bis 12 find möglichft auch Eckfteine (im rechten Winkel) 122 mm und in den Seiten fo lang vorrätig zu halten, daß nach Abzug des Profils $^{1}/_{2}$-, bezw. $^{3}/_{4}$-Stein von der Ecke aus übrig bleibt.“ —

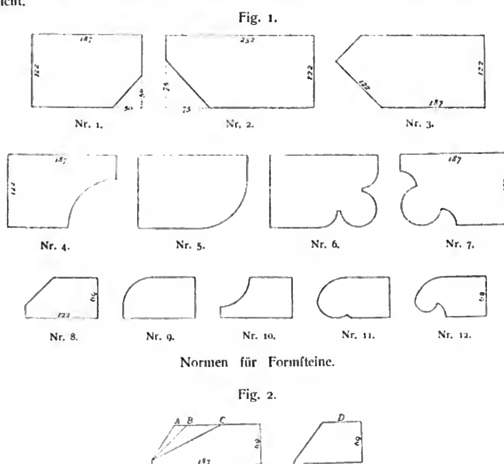
Durch die Annahme diefer Normen ift unzweifelhaft nicht allein der Fabrikation ein großer Dienft, fondern auch dem Backfteinrohbau ein wefentlicher Vorfchub geleiftet, da die Fabrikanten auf Vorrat und mit größerem Vertrauen arbeiten, deshalb leichter beffere und gleichmäßigere Ware in Form und Farbe auf den Markt bringen, dabei den Preis niedriger ftellen und überhaupt gerade das leiften können, was die Hebung des Backfteinrohbaues gegenüber dem Putzbau herbeiführen kann.

Allerdings ift dabei nicht zu verkennen, daß zwar eine ziemliche Anzahl verfchiedenartiger Gefamtprofile mit den in Fig. 1 dargeftellten Formen zufammengeftellt werden kann, daß aber damit doch nur eine befchränkte Auswahl möglich und fomit, wenn einzig und allein diefe Normal-

[24]) Vergl. auch *Neumann*'s Studie „Über den Backftein“ (Berlin 1880).

ſteine fabriziert würden, eine ins Schablonenmäßige gehende, die freie künſtleriſche Geſtaltung hemmende Formenorthodoxie zu befürchten wäre. Dieſe Gefahr iſt indeſſen als nicht vorhanden zu betrachten; denn einerſeits ſind hier nur ſolche Formen ins Auge gefaßt, welche es ermöglichen, die einfacheren Hochbauten ohne Vorherbeſtellung der Steine auszuführen; andererſeits gewährt Punkt β der Normen den nötigen Vorbehalt hauptſächlich bezüglich der Abmeſſungen. Im übrigen muß die weitere Entwickelung der Sache der Zukunft überlaſſen bleiben, welche die weitere Klärung, die nötigen Ergänzungen, vielleicht auch die zuläſſigen Reduktionen herbeiführen wird. Wenn z. B. unter den Profilſteinen noch Konſolſteine, welche eine kräftigere Ausladung geſtatten, ſowie die damit in naher Beziehung ſtehenden, ebenſo reizvollen wie einfachen Bildungen fehlen, ſo haben dagegen die für die Entwickelung des Backſteinrohbaues ſo unumgänglich notwendigen Schrägſteine unter dem Namen *A*, *B*, *C* (Fig. 2) bereits Aufnahme in dem vom Verein für Fabrikation von Ziegeln uſw. angenommenen Tableau von Formſteinen gefunden[85]. Für das heute bei Kirchenbauten häufig benutzte Kloſterformat gibt es ſolche vorrätige Formſteine noch nicht.

Fig. 1.



Normen für Formſteine.

Fig. 2.

Zur Ausführung der Schornſteine werden bisweilen beſonders geſtaltete Formſteine, die ſog. Kaminſteine, angewendet; von denſelben wird noch in Teil III, Band 4 (Abt. IV, Abſchn. 4, C, Kap. 8, unter c) dieſes „Handbuches“ die Rede ſein.

Größere Formſteine für beſondere Zwecke heißen wohl auch Bauſtücke; dieſelben werden nur ſehr ſelten maſſiv hergeſtellt; meiſt ſind ſie hohl (ſiehe unter γ: Hohlſteine und ſpäter unter „Irdenwaren“) ausgeführt.

Sämtliche Profil- und Formſteine, ebenſo die Verblender mit Ausnahme der Handſtrichſteine, werden in gleicher Weiſe als Hohlſteine hergeſtellt.

In Frankreich gebraucht man zum Zwecke der Zwiſchendecken-Konſtruktionen zwiſchen den Trägern hohle Formſteine eigener Art mit Nut- und Federverbindung, wodurch die Ausnutzung

[85]) Vergl. Otzen, J. Über die Normalität auf dem Gebiet der Verblend- und Formſteinfabrikation. Deutſche Bauz. 1879, S. 95.

des Materials noch mehr gesteigert wird. Auch in Wien sind ähnliche Formen, aber mit Aushöhlungen von den Breitseiten aus, eingeführt, so daß in der Mitte des Steines ein Steg stehen bleibt. Näheres über Form, Abmessungen und Verwendung derartiger Hohlsteine wird in Teil III, Band 2, Heft 3 (Abt. III, Abschn. 2, A: Balkendecken) dieses „Handbuches“ vorgeführt werden. Ganz ähnliche Steine werden in neuerer Zeit zur Bildung scheitrechter, tragfähiger Decken benutzt, wie die von *Förster*, *Lauterbach* usw.

3) Pflaster- und Trottoirsteine. Für Pflasterungen müssen besonders hart gebrannte Steine, Klinker, verwendet werden. Die Abmessungen und die Form solcher gewöhnlicher Fliesen, Estrichplatten, Flursteine usw. sind je nach dem Zweck verschieden.

Von den verschiedenen gebräuchlichen Formen und Abmessungen seien hier genannt:

Trottoirplatten, 5,6 und 7 cm dick, 20 cm lang und 20 cm breit, Gewicht 4, 4,8, 5,5 kg, scharfkantig oder abgefast, je nach dem Maß und der Art der Beanspruchung.

Flur- oder Einfahrtsplatten, 6 bis 7 cm dick, 20 cm lang, 20 cm breit, 4,8 bis 5,5 kg schwer, vierteilig oder in konzentrischen Ringen gerieft und abgefast.

Stallsteine, 7 bis 8 cm dick, 10 cm breit, 20 cm lang, 3,2 kg schwer, abgefast.

Straßenpflastersteine, leichte und schwere, 10 bis 15 cm dick, 10 cm breit, 20 cm lang, abgefaßt, 4,2 bis 6,2 kg schwer.

Randsteine, zu Trottoireinfassungen, 12 cm dick, 18 cm breit, 47 cm lang, 22 kg schwer.

Ferner flache Schüsseln zum Auffangen des Traufwassers, flache Rinnen, Grundrinnen, Brunnenkränze usw.

Die Klinkerstraßen haben sich in Holland, im Oldenburgischen, in der Normandie usw. ganz vorzüglich bewährt; in neuerer Zeit wurden sie mit ebenso gutem Erfolge in München, Wien, Berlin und Pest eingeführt, und es sind Fabrikation und Verbrauch der auch unter dem Namen Kunstbasaltstein bekannten Klinker erheblich gestiegen; auch unterliegt es bei dem völlig staubfreien, sich sehr wenig abnutzenden und außerordentlich dauerhaften Pflaster, welches sie geben, keinem Zweifel, daß mancher natürliche Pflasterstein durch sie verdrängt werden kann.

Von den feineren Fliesen wird noch im nächsten Kapitel die Rede sein.

35. Dachsteine.

4) Dachsteine. Sowie die unter 1 bis 4 angeführten Backsteinsorten bei Mauerkonstruktionen Ersatz für die natürlichen Bausteine bieten, liefert der vielgestaltbare Ton auch als Dachstein Ersatz für den Dachschiefer und andere natürliche Dachdeckungsmaterialien.

Die Dachsteine sollen bei möglichst geringem Gewicht eine möglichst große Fläche so decken, daß weder durch die Zwischenfugen, noch durch das Deckmaterial selbst Regen durchdringen kann, und sie sollen vollkommen wetterbeständig sein.

Zur Erfüllung dieser Bedingungen sind einerseits die richtige Form und Qualität des Ziegels im Material und Brenngrad, andererseits die entsprechende Art der Eindeckung notwendig. Wir haben uns hier nur mit der Form und der Qualität des Dachsteines zu befassen.

Man unterscheidet fünf Hauptgruppen von Dachsteinformen: Biberschwänze, Hohlziegel, Dachpfannen, Krempziegel und Falzziegel.

α) Die Biberschwänze sind längliche Platten von 350 bis 400 mm Länge bei 150 bis 160 mm Breite und 12 bis 15 mm Dicke. Das preußische Normalformat ist 365 × 155 × 12 mm. Die zulässige Abweichung von Länge und Breite darf höchstens 5 mm, von der Stärke höchstens 3 mm betragen. Der vordere Schmalrand ist entweder gerade rechtwinkelig zu den Langseiten abgeschnitten oder mit gebrochenen Kanten versehen oder aber im Segment oder Halbkreis abgerundet, seltener rechtwinkelig zugespitzt. Der entgegengesetzte Schmalrand trägt in der Mitte der Basis einen Haken, aus dem gleichen Material in einem Stück geformt, eine sog. Nase, zum Aufhängen an der Dachlatte. Die Biberschwänze müssen vor allem möglichst eben und so stark gebrannt sein, daß die Porosität trotz der geringen Dicke kein Durchsickern gestattet. Das Größtmaß der gestatteten Porosität, um sowohl gegen Durchsickern als auch gegen Frost zu sichern, ist nach *Olschewsky* etwa 16 Vomhundert (vergl. Art. 20, S. 85). Zugleich wirken dabei Kalkgehalt und schwacher Brand schädlich auf die Dauerhaftigkeit.

β) Die Hohlziegel, besonders in südlichen Gegenden noch bis heute im Gebrauch, haben die Gestalt einer nahezu halben Röhre, deren Querschnitt einen Kreisbogen von 150 Grad beschreibt, und dienen jetzt hauptsächlich als Firstziegel. Sie geben, da sie stets abwechselnd mit der inneren und äußeren Mantelfläche nach außen gelegt werden und sich dabei übergreifen, ein vollkommen sicheres Dach. Die untenliegenden, mit der Höhlung nach aufwärts gekehrten heißen in einigen Gegenden Haken oder Nonnen, die anderen Preiße oder Mönche. Beide werden heute auch zu einem Stücke verbunden als Deckmaterial benutzt.

γ) Die holländischen Dachpfannen haben im Querschnitt die Form eines flachen liegenden ∽. Die Größe schwankt zwischen 240 und 420 mm Länge und 190 und 260 mm Breite. Um Dichtigkeit zu erzielen, muß eine der oberen Ecken des Steines, sowie die entgegengesetzte untere fehlen. Ähnlich sind

δ) die Krempziegel, deren flache Form an einer Langseite etwas „aufgekrempt", an der anderen zu einem Wulst umgebogen ist, welcher jene „Krempe" des Nachbarziegels überdeckt. Die Größen sind sehr verschieden.

ε) Die Falzziegel, bei deren Formung man dahin strebt, das bei den anderen Dachdeckungsarten bei scharfem Winde schwer zu vermeidende Durchregnen und Eindringen von feinem Schnee ganz unmöglich zu machen und zugleich eine günstige ästhetische Wirkung bei bester Ausnutzung des Materials zu erzielen, sind in neuerer Zeit in größere Aufnahme gekommen.

Gewöhnlich sind zwei eine Ecke miteinander bildende Flächen unten mit Falz, oben mit Nut versehen und greifen mit Nut und Feder in den zunächst liegenden Ziegel gleicher Gestalt ein, und zwar kann der Falz einfach oder doppelt sein. Die weitere Einzelgestaltung der Falzziegel hängt zu sehr mit der konstruktiven Seite der Dachdeckung zusammen, als daß es zweckmäßig wäre, an dieser Stelle darauf näher einzugehen; vielmehr werden die ferneren, für die Formgebung maßgebenden Grundsätze und die auf Grundlage derselben erzeugten, außerordentlich verschiedenartigen Ziegelformen in Teil III, Band 2, Heft 5 (Abt. III, Abschn. 2, F: Dachdeckungen) dieses „Handbuches" des näheren erläutert werden.

Wenn sich auch der Preis eines Falzziegeldaches den anderen Ziegeldächern gegenüber nicht billiger stellt, so kommt doch hinzu, daß das Verstreichen mit Kalkmörtel nur an den Rändern des Daches nötig ist und Ausbesserungen sich deshalb viel leichter ausführen lassen. Nur wo verwickelte Dachformen mit Kehlen und Graten vorkommen, sind beim Falzziegel, Behauen und Aneinanderpassen schwerer auszuführen als beim Biberschwanz.

Die Falzziegel sollen nicht nur möglichst leicht sein, um den Vorteil einer billigen Dachkonstruktion zu gewähren, sondern sie müssen zugleich möglichste Sicherheit für Wetterbeständigkeit bieten. Ersteres ist in der Regel nur bis zu einer gewissen Mindestgrenze zu erzielen, welche durch das Durchbiegen und Verziehen beim Trocknen und Brennen gesteckt wird. Die Wetterbeständigkeit läßt sich durch Verminderung der Porosität entweder vor dem Brennen durch geeignete Bearbeitung oder Zusätze des Tones oder durch bis zur beginnenden Erweichung gesteigerten Brand erzielen. Stets sollte dabei der Brand durch die ganze Masse gleich scharf sein, weil sich sonst leicht Abblätterungen zeigen.

Andere Mittel, welche schützen sollen, sind Tränken vor dem Brennen mit einem leichter dicht brennenden oder leichtflüssigeren Stoffe, Erzeugung einer Glasur oder nach dem Brennen durch Anstrich mit Teer oder Wasserglas. Wenn ersteres Mittel helfen soll, so muß die Glasur zum Tone passen und darf keine andere Ausdehnungsziffer besitzen; sonst entstehen wieder Abblätterungen. Anstriche sind mit doppelter Vorsicht zu verwenden, weil die Erfahrung gelehrt hat, daß nicht vollkommen gut und vollständig gedichtete Ziegel danach erst recht rasch abblättern. Auch das Dämpfen oder das Erzeugen einer leichtflüssigeren Schicht infolge reduzierender Ofengase, wodurch eine graue bis schwarze Oberfläche erzeugt wird, hilft nur bei gleichzeitigem scharfen Brande [80]).

36. Feuerfeste Steine.

5) Feuerfeste oder Chamottesteine kommen überall da zur Anwendung, wo Feuerungsanlagen von Mauerwerk umschlossen werden. Außer vollständiger Feuerfestigkeit verlangt man von denselben entweder, daß sie dem Wechsel von Hitze und Abkühlung widerstehen oder aber, daß sie gleichmäßig hohe Temperaturen aushalten. Im ersteren Falle müssen bei der Fabrikation reine und sehr fette Tone vermieden werden, da die daraus gebrannten Steine bei Abkühlungen leicht bersten; durch Mengen mit unplastischer Masse kann man den beabsichten Zweck

[80]) Eine eingehende Auseinandersetzung (von *Olschewsky* und *Sültzer*) findet sich in: Deutsche Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1879, Nr. 5, 10, 11, 13, 14.

erreichen. Für Steine, welche hohen Hitzegraden zu widerftehen haben, fetzt man der Tonmaffe zerftoßenen weißen Quarz, bezw. Quarzfand zu; find die Temperaturen befonders hoch, fo muß man Bruchftücke von feuerfeften Steinen, Scherben von gebrauchten Kapfeln oder fonftige gebrannte feuerfefte Tonftücke verwenden.

37. Druckfeftigkeit.

Bezüglich der Druckfeftigkeit der Backfteine befteht je nach dem Material, aus dem fie hergeftellt find, und je nach der Erzeugungsweife große Verfchiedenheit. Man kann im Mittel in Anfatz bringen: für gewöhnliche Backfteine 175 kg, für beffere Mauerfteine 250 kg, für poröfe Vollfteine 150 kg und für Klinker 600 kg auf 1 qcm.

Literatur.

Bücher über „Backftein" und „Backfteinerzeugung".

SCHLICKEYSEN, C. Die Mafchinen-Ziegelei. Berlin 1860.

HEUSINGER V. WALDEGG, E. v. Die Kalk-, Ziegel- und Röhren-Brennerei in ihrem ganzen Umfange u. nach den neueften Erfahrungen. Leipzig 1861. — 4. Aufl. von P. KAYSER. 1891.

CHALLETON DE BRUGHAT, F. *L'art du briquetier.* Paris 1861.

VICAT, E. Neuefte Fortfchritte in der Ziegel-Fabrikation. Leipzig 1863.

NEUMANN, F. Die Ziegel-Fabrikation. Weimar 1866. — 8. Aufl. von O. BOCK. 1894.

WERKEN, G. v. Das Ganze der Ziegel-Fabrikation. Altona 1868.

DOBSON, E. *Rudimentary treatife on the manufacture of bricks and tiles.* London 1868.

VICAT, E. Die Ziegel- und Cement-Fabrikation etc. 2. (Titel-) Ausg. Berlin 1868.

BISCHOF, C. Die feuerfeften Thone, deren Vorkommen, Zufammenfetzung, Unterfuchung, Behandlung und Anwendung etc. Leipzig 1876. — 3. Aufl. 1901.

LIEBOLD, B. Die Trockenanlage für Ziegeleien. Leipzig 1877.

ZWICK, H. Die Natur der Ziegelthone und die Ziegelfabrikation der Gegenwart. Wien 1878. — 2. Aufl. 1893.

NEUMANN, R. Ueber den Backftein. Berlin 1879.

KELLER, R. Ueber die Fabrikation und Anwendung feuerfefter Steine. Aachen 1880.

OLSCHEWSKY, W. Katechismus der Ziegelfabrikation etc. Wien 1880.

CHABAT, P. *La brique et la terre cuite.* Paris 1881.

Deutfche bautechnifche Tafchenbibliothek. Heft 54: Die Konftruktion von Brennöfen für Ziegeleien und Thonwaarenfabriken in Hinficht auf die Bauausführung. Von A. ECKHART. Leipzig 1881. — Heft 62: Die Anlage und Einrichtung von Ziegeln und Thonwaaren etc. Von A. KNÄBEL. Leipzig 1880.

ECKHART, A. Die Technik des Verblendfteins. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1883, S. 170, 178, 187; 1884, S. 5, 15, 21, 28, 47, 50, 58, 65, 73, 81, 99, 119, 131. — Auch als Sonderabdruck erfchienen: Halle 1884.

ECKHART, A. Die Struktur der Ziegelfteine als Urfache der Verwitterung. Deutfche Bauz. 1884, S. 53.

DETAIN, C. & LACROUX, J. *La brique ordinaire etc.* Paris 1882—84. — Deutfch: Franzöfifche Ziegelarchitektur. Berlin 1885.

BALE, M. P. *Bricks and brickmaking machinery etc.* London 1890.

BOCK, C. Die Ziegelfabrikation etc. Leipzig 1894. — 9. Aufl. 1901.

DÜMMLER, K. & F. HOFFMANN. Handbuch der Ziegel-Fabrikation etc. Halle a. S. 1900.

MICHEL, E. Über die keramifchen Verblendftoffe. Halle 1903.

Siehe auch die Literaturangaben am Schluffe des nächften Kapitels (Tonerzeugniffe).

d) Ungebrannte künftliche Baufteine.

Um auch über diefe Gruppe von Baufteinen eine Überficht zu bieten, feien nachftehend die wichtigeren derfelben namhaft gemacht, wenngleich die Eigenfchaften, die Erzeugung und Verwendung derfelben an jenen Stellen des vorliegenden Abfchnittes zu finden find, wo ein paffender fachlicher Zufammenhang diefer Baufteine mit anderen Bauftoffen erzielt werden konnte.

1) Lehmfteine und Lehmpatzen (fiehe Art. 31, S. 100).

2) Kalkfandfteine (fiehe Kap. 3, unter b: Mörtel aus Luftkalk).

3) Zementerzeugniſſe (ſiehe Kap. 3, unter e: Mörtel aus Roman-Zement — und f: Mörtel aus Portland-Zement).
4) Betonerzeugniſſe (ſiehe Kap. 4).
5) Stuckmarmor und Gipsdielen (ſiehe Kap. 3, unter k: Magneſia- und Gipsmörtel).
6) Stukko luſtro, Kalkſandſteine, Hydroſandſteine, Schlacken-, Schwemm- und Korkſteine (ſiehe Kap. 3, unter b: Mörtel aus Luftkalk).

e) Bearbeitung und Haltbarmachung der Bauſteine.

38. Bearbeitung von Hand.

Die Bearbeitung der natürlichen Steine, von der im nachſtehenden zunächſt die Rede ſein ſoll, betrifft im weſentlichen jene Umgeſtaltung der aus dem Felſen gebrochenen Blöcke[27]), welche dieſelben durch den Steinmetz oder die ihn erſetzenden mechaniſchen Vorrichtungen erfahren, um als fertige Bauſteine, mehr oder weniger architektoniſch gegliedert, dem betreffenden Bauwerke eingefügt zu werden. Insbeſondere wird es ſich hier um die Herſtellung von Quadern handeln, wiewohl die Bearbeitung zu anderen regelmäßig geſtalteten Steinen, wie Tür- und Fenſtergewänden, Geſimsſtücken uſw., gleichfalls Berückſichtigung finden wird; indes muß auch bei den letztgenannten Bauteilen von der Herſtellung quaderartig bearbeiteter Steine ausgegangen werden.

Quader, ſowie andere Bau- und Schnittſteine werden meiſt von Hand bearbeitet, und der Arbeitsvorgang iſt je nach der Arbeitshärte und der Art und Gleichheit der Spaltbarkeit ſehr verſchieden. Für die härteren und ſpröderen Steine ſind beſondere Meißelprofile nötig, andere wieder für harte und zugleich zähe und wieder andere für weiche Steine.

Es iſt deshalb auch ſchwierig, ein allgemeines Verfahren der Bearbeitung anzugeben, und wir beſchränken uns hier darauf, die verſchiedenen Stufen der Bearbeitung und die bei den verſchiedenen Steinſorten vorkommenden Werkzeuge kurz zu charakteriſieren.

39. Boſſieren.

Die erſte rohe Bearbeitung erhalten die Steine ſchon im Bruch, wo ſie durch beſonders darauf eingeübte Arbeiter nach Beſtellung oder für die häufiger vorkommenden einfacheren Bauteile nach üblichen Normalmaßen je nach der Härte durch Schroten, Eintreiben von Keilen oder durch Sägen zunächſt geteilt und hierauf, inſoweit nötig, mit Hammer und Meißel, unter Umſtänden mit dem Zweiſpitz in rauhe, annähernd parallelepipediſche Form gebracht werden. Der Werkzoll, auch Bruch-, Arbeits- oder Steinmetzzoll genannt, wird hierbei den rauhen Quadern in der Regel nach jeder der drei Abmeſſungen zugegeben, bei koſtbaren und ſehr harten Steinen indes möglichſt gering bemeſſen. Dieſe Arbeit, bei der die Steinflächen — die geſägten ausgenommen — eine rauhe, buckelige Geſtalt erhalten, heißt Boſſieren.

Das Ausſehen boſſierter Flächen iſt für gewiſſe Steingruppen charakteriſtiſch. Bei den harten und zähen körnigen Steinen mit ſplitterigem Bruche bleiben große unregelmäßig gerundete Buckel zwiſchen tieferen ſchmalen Meißelfurchen ſtehen; bei weiterer Bearbeitung wachſen die Abmeſſungen der Furchen gegenüber den Buckeln; zuletzt bleiben von letzteren nur mehr rippenartige Erhöhungen übrig. Bei ſpröden Geſteinen hingegen, wo der Meißel mit Vorteil mehr ſpitzwinkelig gegen die Fläche angeſetzt wird und flachmuſchelige Bruchſtücke wegſpringen, erſcheint die Fläche

[27]) Über die Gewinnung der Geſteine in Steinbrüchen ſiehe:
Herrmann, O. Steinbruchinduſtrie und Steinbruchgeologie. Berlin 1899. S. 150.
Förster, M. Lehrbuch der Baumaterialienkunde. Leipzig 1903. S. 67.
Centralbl. d. Bauverw. 1904, S. 21.
le Neve Foster, C. *L'exploitation des carrières.* Baumaterialienkunde 1896–97, S. 157.

nie mit ſo tiefem Relief wie bei den zähen harten Steinen. Bei groblöcherigen Kalken oder Rauhwacke treten die netzförmig ſich kreuzenden Wände am Sägeſchnitte ſcharf kenntlich heraus, und bei Konglomeraten zeigt ſich die Oberfläche aus lauter Kugel- oder Sphäroidabſchnitten gebildet[87]).

40. Weitere Bearbeitung.

Die weitere Bearbeitung des roh boſſierten Werkſtückes geſchieht dadurch, daß man den Stein auf dem Werkplatze aufbänkt, und zwar mit jener Seite nach oben, die man für die künftige Anſichtsfläche (das Haupt) desſelben als die geeignetſte hält. Hierauf werden, am beſten an zwei gegenüberliegenden Längskanten, zwei parallele ſchmale Flächenſtreifen, die ſog. Schläge, zuerſt der eine, hierauf unter Zuhilfenahme des Richtſcheites der andere, zugehauen, nachdem zuerſt drei Ecken mit Hilfe des Lineals, die vierte durch Viſieren entſprechend zugerichtet ſind. Nun werden an den zwei anderen Kanten gleichfalls die erforderlichen Schläge hergeſtellt, und es kann alsdann die gewünſchte weitere Bearbeitung der betreffenden Steinfläche ſtattfinden.

Die Herſtellung der Schläge geſchieht bei harten und mittelharten Steinen mittels des Schlageiſens, eines flachbahnigen Schneidemeißels, deſſen Schneidebahn nicht breiter iſt als die Dicke des meiſt abgefaſt quadratiſchen Meißelſtieles. Bei weichen Steinen nimmt man wohl auch breitbahnige Schneidemeißel oder Zahnmeißel. Stets ſollte bei härteren Steinen der Schneidewinkel des Schlageiſens größer ſein als bei weicherem Stein, weil dadurch die Arbeitsrückwirkung auf den Meißel paralyſiert und das Abſpringen oder Stumpfwerden leichter vermieden wird. Auch ſollte, insbeſondere bei ſprödem Stein, die Richtung des Meißelſtoßes etwas nach innen zu neigen, um Kantenabſprengung zu vermeiden.

Der zwiſchen den Schlägen einſtweilen ſtehen gebliebene Teil heißt in manchen Gegenden fälſchlich Boſten oder Poſten. Im Durchſchnitt iſt der Schlag etwa 3 cm tiefer als die Oberſeite des Poſtens, immer aber ſo tief, daß die tiefſte Furche oder Grube im Poſten noch etwas vor der Ebene des Schlages vorſteht. Soll der Poſten nicht als Ruſtika ſtehen bleiben, ſo wird er abgearbeitet, und zwar bei harten Steinen zuerſt mit dem Boſſierhammer und Spitzeiſen, ſodann mit einem ſchweren Zahnhammer (mit breiter, dem Stiel paralleler Schneidebahn) und zuletzt mit dem breitköpfigen Stockhammer, der beiderſeits flache Bahnen hat, welche mit einem Syſtem von viereckig-pyramidalen Zähnen, 4 bis 8 in einer Reihe, verſehen ſind, ſo daß die Spitzen bei den gröberen Nummern dieſer Stockhämmer weiter auseinander ſtehen als bei den feineren. Die Flächen bekommen durch das Abarbeiten mit den Stockhämmern, und zwar von den gröberen Sorten zu den feineren übergehend, eine gekörnte Oberfläche. Man unterſcheidet hiernach „geſtockte“, „fein geſtockte“ und „ſchleifrecht geſtockte“ Flächen. Zu gleichem Zwecke wird bei weicheren Steinen, nachdem für das gröbſte Abarbeiten der Zweiſpitz verwendet worden iſt, das Kröneleiſen gebraucht, beſtehend aus einer Anzahl beiderſeiſs zugeſpitzter vierkantiger Stahlſtäbchen, welche in der Queröffnung des eiſernen Stieles aufgekeilt werden und zwei breite vielgezahnte Schneidebahnen bilden. Vollendet wird die Arbeit mit Hilfe des breiten Scharriereiſens, welches mittels hölzerner Klöpfel oder Schlägel vorgetrieben wird.

Häufig verwendet man auch zum Herſtellen der Flächen, zum ſog. Flächen, anſtatt eines gröberen Stockhammers, bezw. Krönels den Flachhammer mit

[87]) Bekanntlich ſuchen die Putzbauten alle dieſe nur ſchwer zu beſchreibenden Nuancen der boſſierten Quaderflächen in der Ruſtizierung, im Spritzbewurf, Beſenbewurf, Kiesbewurf, Vermiculé uſw. nachzuahmen, aber ſelten mit Glück. Die Abſicht zu täuſchen iſt augenfällig, und die Werke ſind deshalb verfehlt. Das ſicherſte Mittel gegen derlei Unnatürlichkeiten iſt in erſter Linie die Verwendung echten Materials. Wo jedoch ſolches nicht zur Verfügung ſteht und die Nachahmung geboten erſcheint, iſt die Beiziehung eines praktiſchen Steinmetzen mit geübtem Auge, welcher als Putzmaurer geſchult iſt, zu empfehlen.

längsgeſtellter Schneidebahn, kurzweg Fläche genannt, deren Schneide oft in trapezförmige Zähne geteilt iſt und dann bei feſten Steinen als Zahnhammer dient. Für die Bearbeitung von weicheren Steinen erhält die Fläche eine breitere Schneidebahn als diejenige des Flachhammers für härtere Steine. Ähnliche Eigentümlichkeiten wie die Fläche zeigt die Picke oder Bille mit quergeſtellter Schneidebahn, welche zum Schärfen der Mühlſteine und zu ähnlichen Arbeiten benutzt wird.

Bisweilen werden bei ſehr feſten Steinen nach dem Boſſieren die Unebenheiten mittels Zahnmeißeln in ſchmalen Streifen abgeſprengt; dieſe Meißel werden auch bei weicheren Steinen benutzt und haben je nach deren Härte ſcharfkantige dreieckige oder abgeflachte trapezförmige Zähne. Dieſe Bearbeitungsweiſe, durch welche auf der Seitenfläche parallele Rieſen entſtehen, heißt das Zähneln.

Glatte Flächen werden am wirkſamſten durch das Feinſcharrieren und Aufſchlagen hergeſtellt. Man benutzt dazu Scharriereiſen, deren Breite je nach den in regelmäßiger Führung zu bildenden Bahnen verſchieden bemeſſen wird; für Gewand- und Rahmſtücke, für Leibungen uſw. werden ſie als Breiteiſen in der jeweilig erforderlichen Breite beſonders angefertigt. Vor dem Aufſchlagen muß, um die nötige Sauberkeit und Regelmäßigkeit zu erzielen, die Steinfläche gewöhnlich zuerſt ſcharriert, ſodann rauh geſchliffen werden. Dieſe Art der Bearbeitung bringt die körnige Struktur des Steines, insbeſondere des Sandſteines, durch die bei geſchickter Führung des Eiſens entſtehenden einfachen Flächenmuſter am vorteilhafteſten zur Geltung. Sehr feſte Steine werden mit dem Halbeiſen, etwas breiter als das Schlageiſen, geebnet. Sollen gekrönelte Flächen ſichtbar bleiben, ſo muß man ſie mit einem Scharrierſchlag einfaſſen, weil bei der Ausführung des Krönelns die Kanten häufig abſpringen.

Der Schneidewinkel der Werkzeuge beträgt bei harten Steinen zwiſchen 30 und 45 Grad, und die Schneidebahn überſteigt meiſt nicht 5 cm; bei weichen Steinen iſt der Schneidewinkel 10 bis 20 Grad und die Schneidebahn doppelt ſo lang.

Iſt auf dieſe Weiſe die eine Fläche des Werkſtückes bearbeitet, ſo wird dasſelbe mit einer anſtoßenden Seitenfläche nach oben aufgebänkt; die Bearbeitung der letzteren geſchieht ebenſo wie bei der erſtgedachten. Auch hier wird mit einem Schlag begonnen, der auf der zuerſt bearbeiteten Fläche ſenkrecht ſteht u. ſ. f. Die ebenen Flächen und die rechten Winkel werden mittels Richtſcheit und Winkeleiſen kontrolliert.

Sind Geſimſe, Ornamente uſw. auszuführen, ſo werden dieſelben nach Schablonen oder Brettungen aus Blech oder Pappe im Querſchnitt angeriſſen oder abgebrettet, bezw. nach Modell mittels Greifzirkels aus dem Boſſen ausgemeißelt. Für die Herſtellung von hohlen, runden Profilierungen und von Kropfſtücken benutzt der Steinmetz die Einhaltſchablone, woraus derjenige Teil herausgeſchnitten iſt, welcher das Querprofil der Gliederung bilden ſoll. Bezüglich der Bearbeitung von Säulenſchäften und anderen Umdrehungskörpern ſei nur kurz erwähnt, daß die Grundkreiſe auf dem oberen und unteren Lager aufgeriſſen werden, wonach die gekrümmte Fläche durch Brechung der Kanten und allmähliche Abfaſung aus dem umſchriebenen Vieleck, unter Zuhilfenahme eines Richtſcheites, das nach der zu gebenden Schwellung und Verjüngung des Schaftes anzufertigen iſt, bezw. mittels einer beſonderen Lehre hergeſtellt wird. Zur Ausführung ſolcher ſchwierigerer Arbeiten, gekröpfter hohler und reich gegliederter Werkſtücke dienen

verschiedene schmalbahnige Nuteisen, sowie Hohleisen mit gekrümmter Schneidebahn [29]).

41. Schleifen.

In unserer Zeit wird leider nur noch selten Wert darauf gelegt, das Werkzeug des Steinmetzen zur eigenartigen Geltung zu bringen und dadurch die Technik der Steinbearbeitung, welche für die Bauweisen früherer Zeitperioden ein charakteristisches Unterscheidungsmerkmal bildet, zu kennzeichnen. Während man jetzt im Putzbau den grob bearbeiteten Quader im Außeren nachzuahmen sucht, wird nur gar zu häufig dem echten Material, dem Haustein, eine putzartige, wirkungslose Glätte verliehen. Die Herstellung dieser ganz glatten Flächen wird durch eine weitere Bearbeitung des Steines, durch das Schleifen erreicht. In vielen Fällen hat indes das Schleifen seine volle Berechtigung, besonders bei dichtem, kostbarem Material, um die Schönheit der Farbe und Struktur hervorzuheben, ferner bei feiner, reich gegliederter Arbeit usw. usw. Es hat den Zweck, die Größe der Unebenheiten durch Anwendung der Reibung harter Körper an dem Arbeitsstück bis zu einem bestimmten Mindestmaß zu bringen. Man benutzt hierzu ein härteres Material, am besten natürliche Sandsteine oder künstliche, meist Schmirgelschleifsteine und beobachtet auch hier, stets vom gröberen zum feineren Schleifstein vorzuschreiten. Die verschiedenen Porositäts- und Strukturverhältnisse machen das Verfahren des Schleifens sehr mannigfaltig. Bei Verwendung von Schleifpulver gebraucht man mit Filz oder Leder benagelte Holzscheiben oder solche von Stahl, Blei oder Kupfer. Die härtesten Steine schleift man bloß mit Schmirgel, welcher durch belastete Bleiplatten über der Fläche hin- und hergeführt wird, wobei beständig Wasser zufließt. Für die Ausgiebigkeit des Schleifens sind Menge und Stromgeschwindigkeit des zufließenden Wassers von Belang, da einerseits der Schleifschlamm rasch weggeführt, aber das noch körnige Schleifmittel nicht entfernt werden soll. Weiters dienen granulierte Gußstahlmasse, Granat und scharfer Quarzsand als Schleifpulver.

Manchmal werden Steine nach dem Schleifen porenlos gemacht, d. h. mit einer die Poren ausfüllenden und erhärtenden Masse überzogen, besonders poröse Kalke und Sandsteine.

Dies geschieht oder geschah wenigstens bisher gewöhnlich entweder mit Steinkitt, einer Lösung von Kolophonium in Terpentin oder mit Stearin usw. in Terpentin oder einem anderen Lösungsmittel. Größere Hohlräume und schadhafte Stellen werden mit *Sorel*'schem Magnesiazement oder *Sorel*'schem Zinkoxychlorürkitt, sog. *Ciment métallique*, ausgekittet. Andere bewährte Steinkitte sind der Glyzerinkitt, eine breiartige Mischung von Bleioxyd (Bleiglätte) mit Glyzerin, und die *Soxhlet*'sche Steinmasse, Zementkalk (2 Teile) mit feingefärbtem Flußsand (1 Teil) und Kaliwasserglas. Durch Überzüge entsteht eine unnatürliche Glätte, deren Dauer nicht groß ist; indessen schützen sie doch einige Zeit gegen das Eindringen von Staub und Flechtenansiedelung. Weit besser sind in dieser Beziehung anorganische, chemisch-dauerhafte Mittel, wie Testalin und die *Keßler*'schen Fluosilikate. Die weichsten porösen, französischen Kalke, Savonnières, Morley usw., werden bei letzteren in dünne Platten geschnitten und deren Oberflächen mit einem Schlamm, aus dem Schleifstaub des Steines mit hydraulischem Kalk gemischt, überschliffen, so daß alle Poren geschlossen werden. Hierauf wird nach dem Trocknen das Ganze mit einer Fluosilikatlösung getränkt und dadurch die ganze Fläche so gehärtet, daß sie polierfähig wird. Gleichzeitig kann ein beliebiger Marmor-

[29]) Näheres über die Werkzeuge der Steinbearbeitung ist zu finden in: EXNER, W. F. Die technischen Hilfsmittel des Steinbildhauers. Wien 1877.

farbenton erzielt werden. Nach den bisherigen Erfahrungen ist eine solche Fluo-Silikatpolitur entschieden weit haltbarer als die natürliche Marmorpolitur, weil sich durch die Einwirkung der Fluosilikate äußerlich Flußspat und Tridymit-kieselsäure bilden, die ungleich weniger von den Atmosphärilien angegriffen werden können [30]).

42. Polieren.

Unter Umständen folgt dem Schleifen der Steinflächen das Polieren derselben, welches die Herstellung einer Spiegelfläche, also einer homogenen und mathematischen Fläche zum Zweck hat. Das Polieren kommt vorzugsweise für körnige und dichte Kalksteine, insbesondere bei Marmor, zur Wirkung; aber auch Granit, Syenit, Porphyr, Grünstein und Serpentin nehmen eine sehr schöne Politur an.

Man kann am ehesten Hochglanzpolitur erzeugen, wenn man mit dem Schleifen möglichst weit geht, die Poren tunlichst zusammenzieht, d. h. so lange schleift, bis eine Schicht erreicht ist, in welcher bei homogenen Steinen möglichst wenig Poren vorhanden sind, oder wo bei gemengten Gesteinen der weichere und schwerer polierbare Anteil zurücktritt oder in günstigem Schnitte sich befindet. Dann gelingt es leicht, mit den Poliermitteln auch den letzten, äußerst geringen Teil der optisch noch wirksamen Unebenheiten wegzubringen und die letzten Poren mit spiegelnder Masse auszufüllen.

Die Poliermittel sind je nach der Natur des Steines verschieden, entweder harte, aber rundlich geformte, nur mit kleinen Rauhigkeiten versehene Pulver von feinstem mikroskopischem Korn oder weiche, aber scharfkantige minderfeine Pulver verschiedenster Natur. Das wirksamste ist der Schlämmschmirgel, welcher beim Schleifen der Steine abgewaschen und durch mehrfaches Schlämmen in verschiedene Feinheitsnummern gebracht wird. Es gibt Schlämmschmirgel von 0,001 mm Korndurchmesser. Außer dem Schmirgel wird der Tripel (siehe Art. 29, S. 92) verwendet, eine Diatomazeen-Kieselerde, meist aus Gaillonellen bestehend, wovon die mittlere Korngröße 0,007 mm ist, während feinster Poliertripel kaum meßbare Korngrößen aufweist.

Als letztes Glanzpoliermittel dient für harte Steine hauptsächlich das Eisenoxyd, meist im geglühten und geschlämmten Zustande. Der für manche Steine besonders gesuchte Krokusstahlglanz ist scharf geglühtes Eisenoxyd mit Bimsstein-schlämmpulver und etwas Zinnasche, welche letztere insbesondere bei Marmor auch für sich allein verwendet wird.

Außerdem dienen noch Schwefelblume für Marmor, Speckstein für Serpentin, Holzkohle für Alabaster. Man reibt alle diese Poliermittel unter geregeltem Wasserzusatz zuerst mittels Bleiplatten, sodann mittels Ballen von Filz, Flanell oder Leder, zuletzt trocken mit Linden-Bastholz und Rehleder auf. Für manche, insbesondere Hornblendegesteine und gemengte Feldspatgesteine hilft ein Zusatz von einigen Tropfen Salpeter- oder Schwefelsäure, welche wahrscheinlich durch oberflächliche Zersetzung gelatinöse Kieselsäure freimacht, die als Glättmittel wirkt [31]).

Die Politur widersteht nur auf den härtesten Steinen dem Einflusse der Witterung; die Anwendung polierten Marmors sollte deshalb in unseren Klimaten auf das Innere beschränkt werden. Auch sind bei weichen und hellen Gesteinen

---

[30]) Über Berechnung der Arbeitspreise siehe: HEYN, R. Über Ermittelung der Einheitspreise für Steinmetzarbeiten. Wiesbaden 1903.

[31]) Vergl.: HAUENSCHILD, H. Untersuchungen von Schleifsteinen, Schleif- und Poliermitteln. Mitt. des technol. Gewerbemuseums zu Wien 1880, Nr. 1, 2, 3 — ferner: WEBER, M. Das Schleifen, Polieren, Färben und künstlerische Verzieren des Marmors. Weimar 1864.

farbige Poliermittel zu vermeiden, weil ſie ſich in den Poren anſammeln und die Färbung des Steines beeinfluſſen.

43. Färbung, Ätzung, Vergoldung uſw.

Mit dem Schleifen und Polieren werden manchmal, beſonders bei Marmor, noch andere Vollendungsarbeiten vorgenommen, beſonders Hervorbringen von wirkungsvollen Farbennüancen, ferner Anbringen von Zeichnungen durch Ätzen, Vergoldung uſw. Die alten Griechen hatten ihre weißen Marmore polychrom dekoriert, und für manche Zwecke ſind heute noch gewiſſe Farbengebungen wünſchenswert. Vollkommen ſachgemäß und bewährt iſt die *Weber*'ſche Methode[32]), weißem Stein einen beliebigen Farbenton von Gelb zu geben, welche vom Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen prämiiert wurde. Danach wird eine neutrale Eiſenchloridlöſung zur Trockene verdampft und, in hochgradigem Alkohol gelöſt, auf die gleichmäßig erwärmte Fläche aufgetragen. (Siehe auch Art. 24, S. 87.) Nach *Fioraventi*[33]) kann man Marmor beliebig polychromieren, wenn man ihn in einer Waſſerdampf-Atmoſphäre bis 120 Grad erhitzt und z. B. ihn zuerſt mit Eiſenvitriollöſung, ſodann mit Blutlaugenſalzlöſung behandelt. Für Gelb gibt man Alaun als Mordant und färbt mit Gummigutt, für Braun mit Aſphaltlöſung, Rot mit Drachenblut, Violett mit Aſphalt und Drachenblut, Grün mit Aloeſaft und Terpentin.

Wird nach *Fioraventi* außerdem die Farbe noch durch Waſſerglaslöſung und Chlorkalcium fixiert, ſo ſoll die Fläche gehärtet und vor Abfärbung gewahrt ſein. — Das gleiche oder ein ähnliches Verfahren wird von Dr. Alb. R. W. Brand & Co., G. m. b. H., zu Charlottenburg eingeſchlagen. Zahlreiche, zum Teile ſehr ſchön gefärbte Marmorproben waren auf der letzten Pariſer Ausſtellung zu ſehen.

Die Flächendekorierung, beſonders bei Flieſen, Kamineinfaſſungen uſw., geſchieht entweder, wie es in Belgien vielfach und mit großem Geſchick und Geſchmack beim Schiefer Brauch iſt, durch Marmornachahmung in Lackfarben oder durch Basrelief-Skulptur. Letztere, als ein bleibendes und äſthetiſch ähnlich dem Sgrafitto, beſonders bei Vergoldung, wirkendes Verfahren wird am leichteſten mit dem *Tilghman*'ſchen Sandblasapparat hergeſtellt, welcher ſich aber nur für Geſteine von durchweg gleicher Härte und größerer Sprödigkeit gut eignet, da der Sandſtrom, welcher ſtetig die zu verzierenden Stellen trifft, die Unterſchiede in Härte und Sprödigkeit an Ort und Stelle genau verzeichnet.

Das Ätzen geſchieht gewöhnlich nur bei Marmor, wo es manche Meißelarbeit erſetzen kann. Die Ätzung wird entweder mit Schwefelſäure oder Salzſäure, in mehreren Teilen Waſſer verdünnt, vorgenommen.

Wichtig iſt hierbei der Schutz gegen das tiefere Eindringen der Ätzflüſſigkeit, was durch den Deckgrund verhütet werden muß. Der letztere beſteht für Marmor aus 6 Teilen Wachs, 2 Teilen Harz, 2 Teilen dickem Terpentin und 1 Teil Ultramarin für weiße oder 1 Teil hellem Chromgelb für farbige Steine. Nach dem Überziehen der Marmorfläche mit dieſer heiß angefertigten Deckmaſſe wird rings ein erhöhter Rand aus Wachs gebildet, die Zeichnung herausradiert und hierauf etwa 2 Stunden geätzt, alsdann vorſichtig abgegoſſen und der Deckgrund mit Terpentin weggewaſchen[34]).

Granit, Syenit, Diorit uſw. können durch eine konzentrierte Löſung von Kieſelfluorwaſſerſtoffſäure gut geätzt werden.

Die Vergoldung geſchieht entweder mittels Blattgold und Kaſeinkitt oder unmittelbar durch Auftragen einer Goldchloridlöſung[35]).

[32]) Deutſche Induſtrieztg. 1870, S. 496.

[33]) Wick's ill. Gewbz. 1875, S. 7.

[34]) Polyt. Centralbl. 1869, S. 3, 49.

[35]) Vergl. auch: Weber, M. Das Schleifen, Polieren, Färben und künſtleriſche Verzieren des Marmors. Weimar 1864.

Die Schleif- und Poliertechnik ſteht heute noch mit vereinzelten Ausnahmen auf keiner den ſonſtigen Fortſchritten der Technik angemeſſenen Entwickelungsſtufe, und zwar hauptſächlich aus dem Grunde, weil das Verhalten der einzelnen Mineralien oder Geſteinselemente noch viel zu wenig ſtudiert wird und deshalb empiriſche Kunſtfertigkeit, verbunden mit monopoliſtiſcher Geheimniskrämerei, den Fortſchritten Schranken ſetzt. Das von der Wiſſenſchaft gepflegte und heute ſchon weit verbreitete Anfertigen von petrographiſchen Dünnſchliffen wird zweifelsohne den Anſtoß geben zur Vervollkommnung der Methoden durch Klarſtellung der Grundſätze ſachgemäßen Schleifens und Polierens. Für den Architekten iſt es unter Umſtänden wichtig, falſche und echte Politur zu unterſcheiden. Alkohol und Äther, auf die fragliche Fläche aufgerieben, zeigen ſofort, ob ein falſcher Lacküberzug oder echte Spiegelung vorhanden iſt.

44. Steinbearbeitungsmaſchinen.

Die Steinbearbeitungsmaſchinen teilen ſich in drei Hauptgruppen:

1) in Maſchinen zum Teilen der Blöcke;

2) in Maſchinen zur Bearbeitung der Blockoberflächen, und

3) in Maſchinen zum Schleifen und Polieren.

Am häufigſten werden die Maſchinen zum Teilen von Blöcken in Platten angewendet. Dies ſind die Steinſägen. Schon im graueſten Altertume benutzten die Ägypter die Steinſägen, und nicht ſelten werden heute noch Handſägen zum Zerteilen beſonders weicher Steine gebraucht. Die Handſägen ſind immer Sägen mit geradem Blatt und werden von zwei Arbeitern ähnlich, wie beim Gebrauch der Zimmermannsſäge, hin- und hergezogen. Für weicheres Geſtein iſt die Handſäge mit Zähnen verſehen, wie eine Holzſäge; meiſtens aber iſt das Blatt zahnlos und arbeitet als Schwertſäge mittels harter, kleinkörniger Schleifmaſſen unter Waſſerzufuhr.

Für Steine mit weicherem Bindemittel wird als Schneide- und Schleifmaſſe Quarzſand benutzt; bei härteren Steinen werden auch Abgänge von Zinn und Blei, und beſonders Kügelchen aus abgeſchrecktem Gußeiſen und glashartem Gußſtahl, die zuerſt aus England unter dem Namen *Globules métalliques* eingeführt wurden, gegenwärtig aber in weit härterer Qualität als Diamantine in Deutſchland (nach dem patentierten Verfahren von *Emil Offenbacher* in Markt-Redwitz) erzeugt werden, verwendet. Ebenſo wird bei beſonders hartem Geſtein Schmirgel als Schleifmaſſe benutzt. In neuerer Zeit hat man mit dem beſten Erfolge ſtatt der harten Schleifmaſſen, die ſtets in kurzer Zeit zu zartem Schlamm zerrieben ſind und ſtetig erneuert werden müſſen, auch bei Steinſägen die Verwendung feſt eingeſetzter Diamantſplitter eingeführt, und erſt ſeit dieſer Zeit rührt der lebhafte Aufſchwung in der Verwendung von Steinbearbeitungsmaſchinen her[86]).

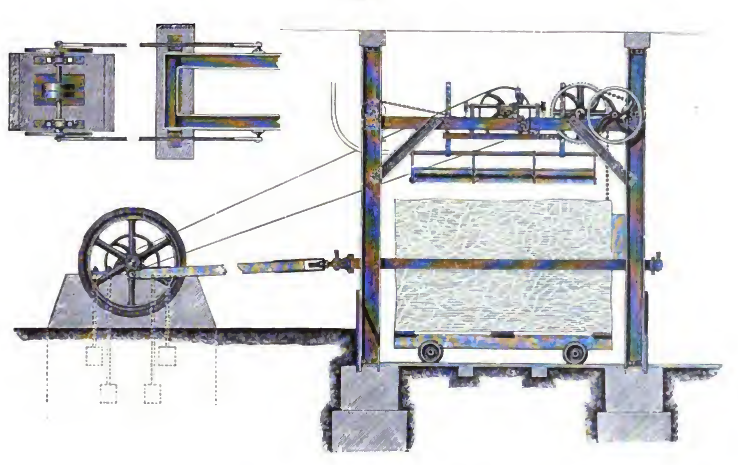
Die Steinſägen ſind entweder Gatterſägen mit hin- und hergehendem geradem Schnitt oder Bandſägen mit umlaufendem geradem Schnitt oder endlich Kreisſägen.

45. Gatterſägen.

Die mit geraden Sägeblättern ausgerüſteten Gatterſägemaſchinen ſind ſehr mannigfaltig geſtaltet worden; die in der großen Praxis bewährten ſtimmen jedoch darin überein, daß die Schnittbewegung eine wagrechte iſt, ſo daß das ſtets zahnloſe, bis über 4 m lange, 20 bis 25 cm breite und 3 bis 5 mm dicke Sägeblatt mit der Schneide von oben, unter beſtändigem Zufluß von Schleifmaſſe und Waſſer, unter einem beſtimmten Drucke hin- und hergeführt wird. Für weicheren Kalk- und Sandſtein hat man in Amerika auch Gatterſägen eingeführt, die auf die Unterſeite des Steines von unten nach oben wirken. Bei dieſen kann die Schleifmaſſe

[86]) Siehe: Das Diamantwerkzeug für die Steinbearbeitung. Polyt. Journ., Bd. 282, S. 194.
Über Steinbearbeitung mittelſt Diamanten. Verh. d. Ver. f. Gewerbefleiß in Preußen 1893.

Fig. 3.



Gatterſäge von *Emil Offenbacher* in Markt-Redwitz.

nicht zu günſtiger Geltung kommen, und es werden dabei mit Diamanten beſetzte Sägeblätter verwendet.

Von den im Auslande konſtruierten und eingeführten Gatterſägemaſchinen ſei hier [37]) *Baſtins* wagrechte Steinſäge zur gleichzeitigen Zerteilung von zwei Steinblöcken erwähnt, welche im beſonderen für weiche Pariſer Geſteine beſtimmt und deshalb größtenteils aus Holz konſtruiert iſt. Sie zeigt im allgemeinen die Bauart der neueren Steinſägemaſchinen: einen ſtabilen Gerüſtrahmen, an dem, durch Gegengewicht ausbalanziert, der Sägerahmen hängt, ein viereckiger Eiſenrahmen, in dem mittels Zugſchrauben in beſtimmten, der Plattendicke entſprechenden Entfernungen die Sägeblätter parallel eingeſpannt ſind. Der Sägerahmen wird durch Zugſtangen mit einer Kurbelwelle in Verbindung geſetzt und ſo über die zu teilenden Blöcke unter beſtimmtem Druck hin- und hergeführt.

Für beſondere Zwecke beſtimmte Steinſägen ſind die von *Henry Conradi* [38]) konſtruierte Maſchine zur Erzielung möglichſt dünner Platten aus koſtbarem Marmor, ebenſo die von *Darby* in Depford [39]), welche durch ſachgemäße Führung des Sägegatters die günſtigſte Zufuhr des Schleifſandes geſtattet und in hartem Portlandſtein in 10 Stunden 9 bis 10 qm Schnittfläche mit 2,5 Pferdeſtärken erzielen ſoll. In Deutſchland hat *Pfaff* in Chemnitz gute Sägemaſchinen konſtruiert.

Eine ähnliche, mit den neueſten Verbeſſerungen verſehene Sägemaſchinenkonſtruktion iſt die von *Emil Offenbacher* in Markt-Redwitz (Fig. 3), die ſich unter Benutzung der Erfahrungen mit bisherigen Konſtruktionen ſehr gut bewährt. Dieſelbe iſt ſehr ſolid ganz aus Eiſen hergeſtellt und trägt an einem in 4 Ketten hängenden ſchmiedeeiſernen Hauptrahmen mit 4 Scharnierſtangen den ſchmiedeeiſernen Sägerahmen aufgehängt. In letzterem werden beliebig viele Sägeblätter mit Laſchen und Keilen befeſtigt. Durch 2 Zugſtangen ſteht der Sägerahmen mit einem Kurbelradvorgelege derart in Verbindung, daß ein Hin- und Herſchwingen desſelben und der Sägeblätter und gleichzeitig am Anfang und Ende des Schubes eine geringe Hebung ſtattfindet, ſo daß das Sägematerial (am beſten Diamantine mit Waſſer) unter dieſelben und zur beſten Wirkung gelangt. Der Hauptrahmen iſt beſonders ſcharf durch nachſtellbare Schleiflager an den 4 Säulen geführt, mit Ketten an Rollen aufgehängt und mit Ausbalanziervorrichtung verſehen, ſo daß der Druck der Sägeblätter beliebig verändert werden kann. Dieſer Maſchine werden völlig gerader Schnitt und große Leiſtung nachgerühmt. In ſchwediſchem Granit ſoll die Leiſtung für jedes Sägeblatt bei Anwendung von Diamantine in 10 Stunden bis 150 mm und in Syenit bis 250 mm betragen. Bei Verwendung als Seilſäge und Beſpannung mit 1 oder 2 Blättern erhöht ſich der Tiefgang auf das Dreifache.

Zum Sägen weicherer Geſteine, wie Marmor und Sandſtein, ſowie zum Plattenſägen aus Granit und Marmor empfiehlt *Offenbacher* das gleiche Syſtem mit automatiſcher und zwangläufiger Schraubenſenkung; hierbei befinden ſich in den Säulen 4 Schraubenſpindeln, welche das Abwärtsbewegen des Sägerahmens unter gleichbleibender Geſchwindigkeit bewirken.

Im allgemeinen iſt die Ausrüſtung (Fig. 4) der vorigen Sägemaſchine (Fig. 3) entſprechend; nur iſt der Gatterrahmen beſonders ſtark und zur Aufnahme von 40 bis 60 Sägeblättern konſtruiert. Aus der Abbildung iſt auch eine automatiſche, quer zur Sägerichtung hin- und herbewegte Waſſer- und Sandſpeiſevorrichtung erſichtlich; der Sand liegt auf einem ſeitlich offenen Bretterboden und wird durch das auftropfende Waſſer nach beiden Seiten herabgeſchwemmt. (Weiteres im Katalog der mehrfach genannten Firma.)

Wie ſchon oben erwähnt, werden die Steinſägemaſchinen nach dem Vorgange der Amerikaner mit Diamantſpitzen, ſog. Karbons, montiert, indem dieſe mittels Hebel- oder Schraubenpreſſen in Bronzeſtückchen eingedrückt werden, welche man danach zurecht feilt, ſo daß die Diamanten etwas vorſtehen und die beiden rechtwinkelig hierzu liegenden Seiten ſcharf genutet ſind. Dieſe Blättchen werden ſodann in das entſprechend ausgefeilte Stahlband eingeſetzt (Fig. 5; ſiehe auch Fig. 14 u. 15). Dadurch ſteigert ſich die Leiſtungsfähigkeit gegenüber gewöhnlichen Steinſägen auf das mehr als Zehnfache. Nach dieſem Grundgedanken hat zuerſt *Hough Young* in New York ſeine Diamantgatterſägen gebaut. Durch ſtetige Verbeſſerung der anfangs unvollkommenen Befeſtigung der Diamanten iſt die Diamantſägerei immer mehr verbreitet worden und hat ſich, nach dem Vorgange von *Arnold & Cie.* in Straßburg, auch in Deutſchland eingebürgert. Die Diamantfaſſung von *Theodor Lange* in Brieg [40]), welcher die Diamanten in Stahlſtücken befeſtigte, iſt weſentlich beſſer, ſo daß bei 1,50 m langer Schnittfläche des Sägeblattes binnen einer Stunde in Granit 32 bis 35 cm, in Quarzſchiefer 40 cm und in Marmor 50 cm tief geſchnitten wird. Die letzte Vervollkommnung hat

[37]) Nach: *Powis Bale ſtone working machinery. Building news*, Bd. 44, S. 4.
[38]) Siehe: *Engineer*, Bd. 42, S. 290.
[39]) Siehe: *Engineer*, Bd. 42, S. 357. — Polyt. Journ., Bd. 224, S. 158.
[40]) D. R.-P. Nr. 55375.

das Faſſen der Diamanten durch das Patent *Offenbacher* Nr. 114 210 erhalten, nach welchem die Diamanten in Stahl eingeſchweißt und dieſer gleichzeitig komprimiert wird.

46. Bandſägen.

Beſonders für weichere Geſteine hat man außer den Gatterſägen auch Bandſägen zur Anwendung gebracht. Dieſe arbeiten oft durch bloße Umdrehung von Stahldraht mit Schmirgelmaſſe, wie diejenige von *Chevalier* und neueſtens jene von *Violette*, welch letztere den Vorzug leichter Konſtruktion und Transportfähigkeit beſitzt und in Frankreich deshalb mehrfach in Steinbrüchen als Trennungsſäge Anwendung findet.

Außer Stahldraht-Bandſägen finden aber auch wirkliche Bandſägen, teils mit lotrechtem, teils mit wagrechtem Bande arbeitend, und mit oder ohne Schleifmaſſe oder Diamantbeſatz Verwendung. Eine für weiche Steine in Deutſchland gebräuchliche iſt die in Fig. 6 abgebildete Bandſäge von *Offenbacher* in Markt-Redwitz. Kraftverbrauch 3 bis 5 Pferdeſtärken; Leiſtung 4 bis 8 lauf. Meter in 10 Stunden mit Diamantblatt. Ähnlich iſt die beſonders in Belgien eingeführte und äußerſt leiſtungsfähige, mit Diamanten beſetzte Bandſäge von *Gerard* [41]).

Fig. 4.

Vollgatter mit Schraubenſenkung von *Emil Offenbacher* in Markt-Redwitz.

47. Kreisſägen.

Die Kreisſägen [42]) dienen beſonders zum Säumen, Vierkanten und Nuten von Steinen und zum Bearbeiten von Flächen beſchränkteren Umfanges, da der Durchmeſſer und damit die Schnitttiefe beſchränkt iſt und Scheiben von ſehr großem Durchmeſſer zu teuer und wegen leichten Zerſpringens gefährlich ſind. Die Steinkreisſägen arbeiten entweder, ähnlich wie die Holzkreisſägen, auf wagrechten Achſen mit lotrechtem Schnitt, und es ſind häufig mehrere Sägen auf einer Welle verſtellbar gekuppelt, um z. B. Tür- und Fenſtergewände verſchiedener Dicke ſchneiden

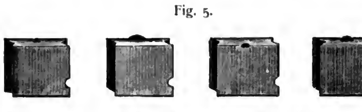
[41]) Siehe: Deutſcher Steinbildhauer 1893, Nr. 4 — ferner: Auguste, A. *Grande ſcière à lame ſans fin etc.* Nancy 1887.

[42]) Siehe auch: Sägemaſchine von *Beverley & Atkins*. *Engng.*, Bd. 25, S. 515.

zu können; oder fie arbeiten an lotrechter Welle mit wagrechtem Schnitt; auch find manchmal beide Antriebsarten an einer einzigen Mafchine tätig, z. B. an der Nutenkreisfäge von *Arnold & Cie.* in Straßburg.

Diefe fchneidet mittels Diamantbefatz am Umfang der gleichzeitig wagrecht und lotrecht arbeitenden Kreisfägen Nuten aus Fenfter- und Türgewänden in Vogefenfandftein mit einer Leiftung, die jener von 7 Steinmetzen gleichkommt.

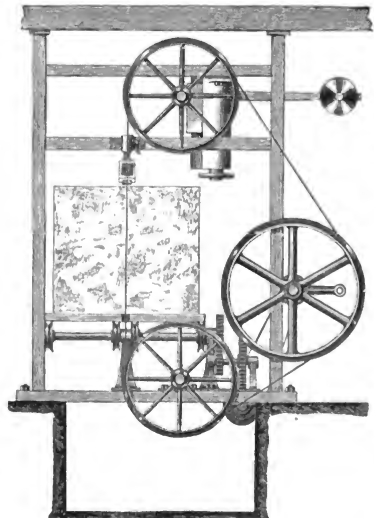
Fig. 5.



Bronzeplättchen mit Diamantfpitzen für Gatterfägen.

Hierher gehört auch die von *Offenbacher* in Markt-Redwitz konftruierte Dampfkreisfäge (Fig. 7), welche aus dem auf einem Betonpfeiler aufgefetzten Ständer *A* befteht, an welchem eine Kreuzhülfe *B* derart angeordnet ift, daß fie durch die Gewändefpindel *C* und das Handrad lotrecht verftellt und an jedem Punkte der Säule *A* ficher feftgeftellt werden kann. In der Kreuzhülfe *B* befindet fich der Lagerbalken *E*, der durch das Handrad *D* ufw. wagrecht verfchiebbar ift. In *E* liegen die Kreisfägewelle mit der Antriebsriemenfcheibe und die Kreisfäge.

Fig. 6.



Bandfäge von *Emil Offenbacher* in Markt-Redwitz.

Ebenfalls zu den Kreisfägemafchinen gehört die Konftruktion von *Hunter*[43]) mit Stahlmeißeln am Umfang und 2 Kreisfägen von 1,63 m Durchmeffer.

Gleichzeitig als Steinbruch- und Steinbearbeitungsmafchine arbeitet in den Travertinbrüchen von Ribbibbia bei Rom die Konftruktion von *Graziofi*[44]). Diefe fchneidet ähnlich der Mafchine von *Arnold & Cie.*, aber im großen Maßftabe mittels Kreisfägen unmittelbar aus dem Felfen vollkommen regelmäßige Blöcke und arbeitet nach Angabe der Augenzeugen *Gabet & Grothe* vorzüglich. Auch hier find die Kreisfägeperipherien mit Stahlmeißeln ausgerüftet.

Eine durch praktifche Konftruktion und außerordentliche Elaftizität in der Abänderung der Tourenzahl, des Vorfchubes und Schnittdruckes hervorragende Mafchine ift die Diamantkreisfäge von *Emerfon* in Beaver Falls[45]). Sie macht in der Stunde bei hartem Borea-Sandftein 36,5 cm Schnittlänge und kann bei Ober- und Unterfchnitt Blöcke von 1,50 m Dicke durchfchneiden.

48. Hobelmafchinen.

Da die Kreisfägen meift auch fchon zur Bearbeitung der Oberflächen der Steine dienen, bilden fie den Übergang zu den eigentlichen Steinbearbeitungsmafchinen. Zur Bearbeitung ebener, gekrümmter

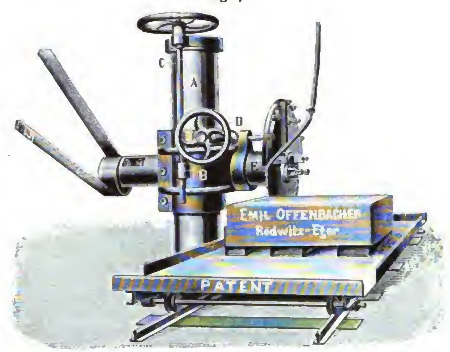
[43]) Siehe: *Engineer*, Bd. 32, S. 37. – Mafchinenb. 1871, S. 253.

[44]) Siehe: Mafchinenb. 1874, S. 229.

[45]) Siehe: *Scientif. American*, Bd. 31, S. 159. – Mafchinenb. 1873, S. 116; 1874, S. 356.



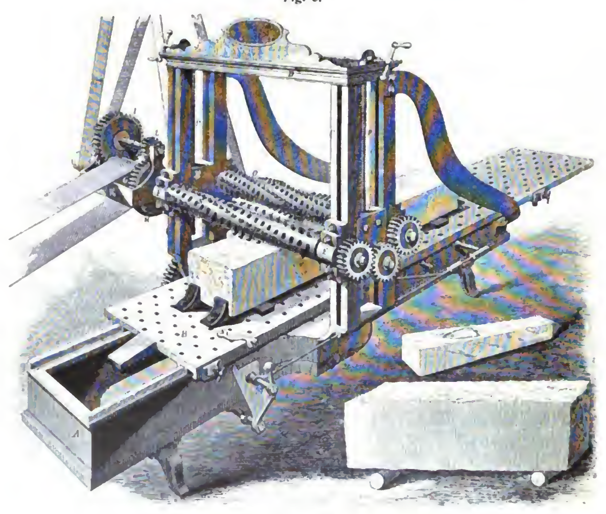
Fig. 7.



Diamant-Kreisſägemaſchine von *Emil Offenbacher* in Markt-Redwitz.



Fig. 8.



Maſtodon ſtone dreſſer von *Anderſon*[10]).

und gebrochener Flächen dienen nach dem Vorgange der Holz- und Metallinduſtrie Maſchinen, die im allgemeinen als Hobelmaſchinen zuſammengefaßt werden können. Alle dieſe können naturgemäß auf die in einem und demſelben Steine vorkommenden Unterſchiede an Härte und Zähigkeit keine Rückſicht nehmen und bleiben meiſt Spezialmaſchinen für beſtimmte Steinſorten oder für beſtimmte Steinformen.

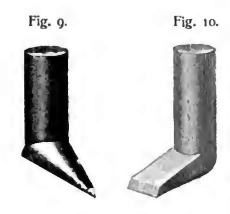


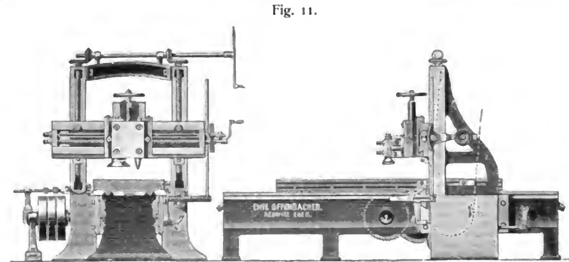
Fig. 9. Fig. 10.

So iſt der *Maſtodon ſtone dreſſer* von *Anderſon* (Fig. 8 [46]) nach dem Grundgedanken der Holzfräſemaſchinen konſtruiert, welche mittels eigentümlich geformter Schropp- und Schlichtmeißel (Fig. 9 u. 10), die an Walzen eingelaſſen ſind, arbeitet. Fig. 8 ſtellt die Maſchine und ihre Wirkungsweiſe dar. Die Leiſtung ſoll dabei der von mehr als 30 Steinhauern gleichkommen. — In die gleiche Klaſſe gehören noch die Steinbearbeitungsmaſchinen von *Holmes* in Mold [47]) und von *Stacy* [48]), ſowie die von *Atchinſon* [49]) in Boſton mit pendelnden Werkzeugen und die von *Lloyd* [50]). — Fig. 11 zeigt eine Hobel- und Fräsmaſchine von *Offenbacher*. In den feſtſtehenden Support werden 1 oder 2 Hobelſtähle oder ein Rollmeſſer eingeſetzt; das Arbeitsſtück bewegt ſich hin und her. Durch Einſetzen ſog. Karborundumſcheiben läßt ſich mit dieſer Maſchine zugleich auch ſchleifen, durch Befeſtigen von Diamantkreisſägeblättern auch ſägen.

Von neueren Konſtruktionen gehört hierher die Steinfräsmaſchine der Chemnitzer Maſchinenfabrik [51]), ferner die Sektoren-Hobelmaſchine von *Alb. Dittmer* [52]), bei welcher mit Diamanten beſetzte Werkzeuge von Kreisſektorenform in ſchwingender Bewegung, entweder einzeln oder zu einem Syſtem vereinigt, die Herſtellung eines Geſimsſtückes in einem Arbeitsgange ermöglichen. Praktiſche Bedeutung hat dieſe Maſchine nicht erlangt.

Brunton & Trier in London benutzten zuerſt zum Hobeln kreisförmige Schneidewerkzeuge, die, in ſchräger Stellung zum Arbeitsſtück rollend und an der Peripherie einer ſich drehenden Meſſerſcheibe befeſtigt, zykloidale Schnitte von 3 bis 4 cm Tiefe und 1,40 m Höhe ausführen und

Fig. 11.



Hobelmaſchine mit Stahl- und Rollmeſſer von *Emil Offenbacher* in Markt-Redwitz.

etwa die Arbeit des Scharrierens verrichten, aber mit einer Leiſtung von 4 Minuten für 1 qm zu bearbeitender Fläche für Granit, für harten Kalkſtein von $2^1/_2$ Minuten und für Sandſtein von 2 Minuten (Fig. 12 [52]). Dieſer Grundgedanke der kreisrunden Meſſer hat ſich vielfach bewährt und

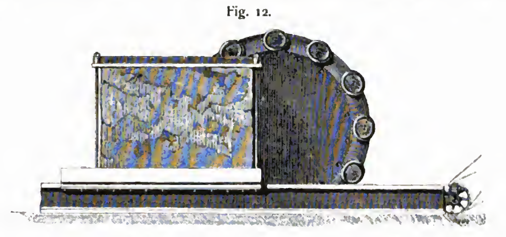
[46]) Siehe: *Scientif. American*, Bd. 25, S. 223.
[47]) Siehe: *Iron*, Bd. 3, S. 552.
[48]) Siehe: Maſchinenb. 1874, S. 195.
[49]) Siehe: *Scientif. American*, Bd. 40, S. 291. – Maſchinenb. 1879, S. 291.
[50]) Siehe: Deutſcher Steinbildhauer 1892, S. 59.
[51]) Siehe: Deutſcher Steinbildhauer 1892, Nr. 10.
[52]) Nach: Prakt. Maſch.-Conſtr. 1878, S. 357. – Polyt. Journ., Bd. 230, S 5. – Maſchinenb. 1879, S. 1.

ift in der Schweiz von *Rieter & Cie.* in Winterthur und in Deutfchland von *Emil Offenbacher* zu Markt-Redwitz in abgeänderter, bezw. verbefferter Form ausgeführt und verbreitet worden. — Mit fchwingender Welle und kreisrunden Meffern arbeitet auch die Mafchine von *Beier*[53]).

Die Mafchinen, welche unter Stoßwirkung arbeiten, haben fich wegen der Schwierigkeit, die Kraft und die Richtung der Stöße je nach dem zu überwindenden Widerftande zu wechfeln, weniger bewährt; indes ift die Steinbearbeitungsmafchine von *E. v. Bühler*[54]) mit durch Druckluft betätigten pneumatifchen Werkzeugen praktifch eingeführt und wegen der intereffanten Antriebsweife beachtenswert. — Von der großen Zahl meift zu befonderen Zwecken konftruierter Hobelmafchinen feien noch erwähnt die von *Robinfon & Son* in Rochdale[55]), die von *Weftern & Cie.* in London[56]), jene von *Efterer* in Altötting und diejenige von *Holmes & Payton* in Mold[57]).

Nach den Ausfagen von Praktikern, welche Erfahrungen mit Steinbearbeitungsmafchinen gemacht haben, ift heute erft infolge der fich immer mehr zufpitzenden Arbeiterfrage der Augenblick gekommen, wo die hohen Anfchaffungs- und Unterhaltungskoften derfelben von den unzweifelhaften Vorteilen der Zeiterfparnis gegenüber der Handarbeit bei großen Steingefchäften aufgewogen werden.

Fig. 12.



Steinbearbeitungsmafchine von *Brunton & Trier*[52]).

49.
Drehbänke.

Beffer eingeführt als die Hobelmafchinen haben fich die ebenfalls hierher gehörigen Drehbänke. Diefe find den Metalldrehbänken ganz ähnlich, und es findet auch hier als Schneidewerkzeug das Kreismeffer von *Brunton & Trier* Anwendung.

Zum Abdrehen von großen Säulen mit Diamantmeißel hat fich die Steinfchälmafchine von *Alb. Dittmer*[58]) vorzüglich bewährt. Fig. 13 ftellt eine folche im Schaubilde dar.

Diefelbe arbeitet mit einem gekröpften, ftarken Drehmeißel *a* (Fig. 14), deffen Ende *b* zu einem Blatte ausgearbeitet ift. Die vordere Schmalfeite desfelben von 5 bis 7 cm Länge ift mit Diamanten befetzt. Ein feitlich angebrachter Kanal mündet in zwei Schlitzen auf beiden Seiten des Meißelblattes behufs vollkommener Wafferfpülung. Der Meißel fchält vom Werkftück während deffen Drehung einen konzentrifchen Ring ab, der zertrümmert oder abgefchnitten werden kann. Bei 60 bis 80 Touren des Werkftückes und 45 cm Durchmeffer leiftet die Steinfchälmafchine in hartem Granit 4 bis 10 cm, in Syenit 10 bis 15 cm, in fehr hartem Marmor 20 bis 30 cm und in weichem Sandftein 40 bis 80 cm in der Stunde.

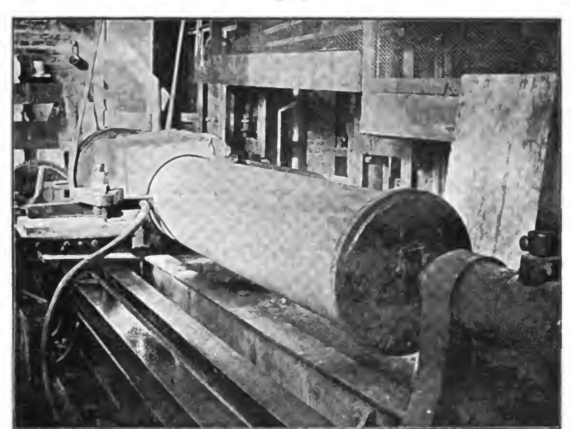
50.
Bohrmafchinen.

Während früher das Bohren von Löchern in Werkfteinen zum Zweck der Durchführung von Gasröhren ufw. ftets mit der Hand fo erfolgte, daß der Bohrer von einem Arbeiter gehalten und gedreht wurde, während ein anderer durch Auffchlagen mit einem fchweren Hammer das Losfprengen von Steinfplittern am

[53]) Siehe: Deutfcher Steinbildhauer 1892, S. 341.
[54]) Siehe: ebendaf., S. 367.
[55]) Siehe: *Iron*, Bd. 14, S. 549.
[56]) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 230, S. 304.
[57]) Siehe: Mafchinenb. 1874, S. 89.
[58]) Siehe: Deutfcher Steinbildhauer 1892, Nr. 10 u. 20.

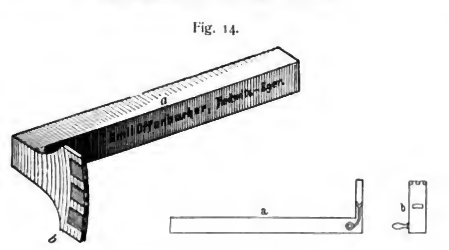
Boden des Loches bewirkte, wobei immer die Tiefe des Loches auf wenig mehr als 1 m beſchränkt blieb, können heute nach dem *Dittmer*'ſchen Verfahren faſt beliebig ſtarke und 4 bis 5 m tiefe Löcher gebohrt werden. Der zu durchbohrende Stein ſteht lotrecht und dreht ſich um ein ſchmiedeeiſernes Rohr, welches unten mit Diamanten beſetzt iſt (Fig. 15). Ein ſtarker Waſſerſtrahl ſpült den Bohrſtaub

Fig. 13.



Steinſchälmaſchine von *Alb. Dittmer.*

Fig. 14.



aus dem Loche, welches alſo dadurch entſteht, daß ein dem Durchmeſſer des Eiſenrohres entſprechender Steinzylinder abgetrennt und ſchließlich herausgehoben werden kann.

51. Schleif- und Poliermaſchinen.

Die Schleif- und Poliermaſchinen ſind meiſt wagrecht rotierende Scheiben aus Stahl oder Gußeiſen oder aus einem Syſtem konzentriſcher Stahlreifen zuſammengeſetzt, die auf der zu ſchleifenden Steinfläche unter Zufluß von Schleif-

maſſe und Waſſer arbeiten. Dabei wird entweder, wie in den großen Schleifereien für Hartgeſteine von *Keſſel & Röhl* in Berlin, der Stein auf große, etwas exzentriſch rotierende Schleifſcheiben gelegt und langſam hin und her bewegt (Fig. 16), oder die Schleifſcheibe arbeitet lotrecht und der Stein wird unter beſtimmtem Druck automatiſch hin- und hergeführt.

Fig. 15.

Bohrzylinder von *Alb. Dittmer.*

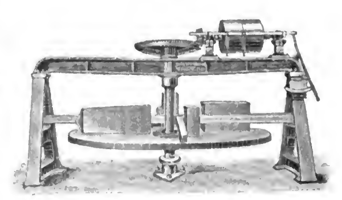
Endlich, und dies iſt insbeſondere bei den Maſchinen der Fall, die gleichzeitig zum Polieren dienen, arbeitet die Schleifſcheibe wagrecht auf der Oberfläche des Steines unter vereinigter Drehung und Hin- und Herbewegung. Eine ſehr verbreitete und bewährte Konſtruktion dieſer Art ſtellt Fig. 17 in der Schleif- und Poliermaſchine von *Emil Offenbacher* dar, deſſen Katalog überhaupt Maſchinen für jede Art der Steinbearbeitung enthält.

52. Kopiermaſchinen uſw.

Für die Herſtellung von Figuren, Ornamenten und Reliefs ſcheint die Kopiermaſchine von *Wenzel*[59]) von großer Bedeutung zu ſein. Dieſelbe geſtattet gleichzeitig die Herſtellung von 4 Kopien und erſpart die Arbeit des Punktierens ganz und ebenſo den größten Teil der Arbeit des Bildhauers. Es bedarf zuletzt nur einer geringen Nacharbeit von der Hand des Künſtlers, um mit mehrfacher Erſparung an Zeit und Arbeit künſtleriſche Kopien in Marmor oder weichem Stein zu erzielen.

Schließlich ſei hier noch der Anwendung des bekannten Sandſtrahlgebläſes von *Tilghmann* zum Gravieren auf polierten Hartgeſteinen Erwähnung getan. Auch ſoll die Sandſtrahlarbeit ſich gut zum Reinigen und Abſchleifen von angewitterten Hauſteinfaſſaden eignen.

Fig. 16.



Schleifmaſchine von *Emil Offenbacher* in Markt-Redwitz.

53. Haltbarmachung.

Obwohl die zu Monumentalbauten benutzten Steine zum großen Teile aus den erfahrungsmäßig widerſtandsfähigſten Geſteinen ausgewählt werden, ſo iſt doch kein Stein völlig dauerhaft, und insbeſondere ſind die Karbonat- und Trümmergeſteine, alſo Kalkſteine und Sandſteine, am meiſten der Zerſtörung ausgeſetzt, wenn auch nicht in gleichem Grade. Deshalb iſt die Anwendung ſicher und auf möglichſt lange Dauer wirkender Konſervierungsmittel von nicht zu unterſchätzender Bedeutung.

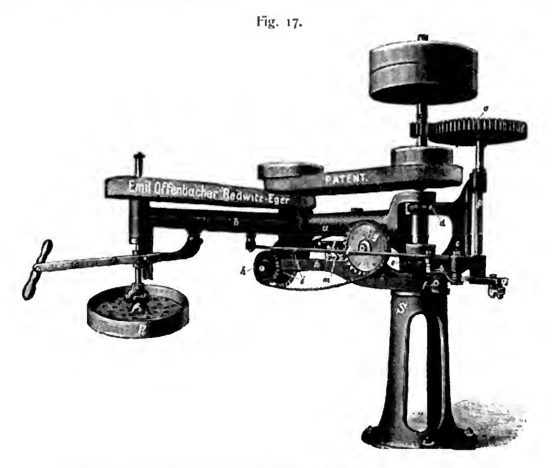
Bereits in Art. 41 (S. 110) wurde einiger Mittel gedacht, um die Poren von Steinen zu dichten. Schon dadurch wird ein gewiſſer Grad von Haltbarmachung erreicht, ebenſo wie echte Politur an ſich das beſte Konſervierungsmittel iſt, vorausgeſetzt, daß die chemiſche Subſtanz des Steines an ſich widerſtandsfähig genug iſt.

[59]) Siehe: Deutſcher Steinbildhauer 1893, Nr. 1 u. S. 471.

Kann durch chemiſche Hilfsmittel die Oberfläche ſelbſt widerſtandsfähiger gemacht, in eine den Atmoſphärilien, namentlich der Kohlenſäure und Feuchtigkeit, unzugängliche Subſtanz umgewandelt werden, ſo iſt die Haltbarmachung eine vollendete.

Letzteres iſt bei der Einwirkung der an gleicher Stelle bereits erwähnten *Keßler*'ſchen Fluo-Silikate oder, techniſch geſprochen, der Fluate der Fall, ſobald die Einwirkung auf Kalkſteine, Sandſteine mit kalkigem Bindemittel oder auf entſprechend vorbereitete Sandſteine mit anderem Bindemittel erfolgt. Durch die Einwirkung auf kohlenſauren Kalk bilden ſich oberflächlich bis zu einer gewiſſen Tiefe Flußſpat, Kieſelſäure und die Oxyde oder Silikate der betreffenden Baſen,

Fig. 17.



Schleif- und Poliermaſchine von *Emil Offenbacher* in Markt-Redwitz.

niemals aber lösliche Salze, wie bei Anwendung von Waſſerglas und den anderen oben genannten Mitteln. Kohlenſäure greift nicht mehr an; ſelbſt verdünnte Säuren bewirken auf fluatierten Kalkſteinflächen kein Brauſen mehr, alſo keine Kohlenſäureentwickelung. Durch 15jährige Erfahrung im großen, z. B. an der Neuen Oper in Paris, iſt feſtgeſtellt, daß die Haltbarmachung vollkommen iſt. Ähnlich iſt die Wirkung auf Sandſtein; nur bildet ſich dabei ein kryolitähnliches, unlösliches Mineral, nebſt Kieſelſäure.

Durch das Fluatieren der Geſteine wird aber auch eine erheblich härtende Wirkung, jedoch natürlich nur ſoweit ausgeübt, als die Flüſſigkeit in das Innere der Geſteinsmaſſe eindringen konnte. Der Stein erhält alſo eine harte Kruſte.

Ein anderes Konſervierungsmittel iſt das Teſtalin von *Hartmann & Hauers* in Hannover. Hierbei werden die gereinigten und lufttrockenen Steine zunächſt

mit einer alkoholifchen Löfung von Ölfäure-Kalifeife und darauf mit einer Tonerde-Acetatlöfung (bezw. einer Löfung eines Erd- oder Metalloxydfalzes) getränkt, um fo die Bildung von unlöslicher ölfaurer Tonerde (bezw. Erd- oder Metalloxyd-Ölfäurefeife) hervorzurufen, welche die Poren des Gefteines verftopft. Diefes Verfahren fcheint mit dem *Glinzer*'fchen übereinzuftimmen, welches beim Rathausneubau in Hamburg angewendet wurde. *Glinzer* fagt jedoch in feinem unten genannten Werke [60]), daß die Flüffigkeiten keine fchwefelfauren Salze enthalten dürfen, und daß „diefes Mittel nur mit größter Vorficht anzuwenden ift".

Das „Silikatifieren", d. h. das Beftreichen der Gefteinsoberfläche mit Waffer-glas, ift ebenfalls ein zweifelhaftes Verfahren, welches nach einer Reihe von Jahren zudem noch einer Erneuerung bedarf.

Das ficherfte diefer Mittel fcheint hiernach das Fluatieren zu fein, welches jedoch weit mehr für Frankreich mit feinen zum Teile fehr weichen und wenig wetterbeftändigen Grobkalken als für das an guten Sandfteinen reiche Deutfchland von Bedeutung ift. Hier wird man fich zu überlegen haben, ob man ftatt diefes immerhin koftbaren Hilfsmittels (100 kg der Flüffigkeit koften 35 Mark, wozu noch die Koften eines mehrmaligen Anftrichs treten), nicht lieber ein befferes und zuverläffigeres Material wählt, zumal trotz aller gegenteiligen, in den Anpreifungen enthaltenen Behauptungen die Färbung der Sandfteine durch Gebrauch des Mittels unbedingt leidet. Weiße Sandfteine erhalten z. B. ein etwas dunkleres, fchmutziges Ausfehen.

Infolge der Unterfuchungen *Tetmayer*'s und *Hauenfchild*'s hat die Münchener Konferenz über die Prüfung der Konfervierungsmittel folgende Befchlüffe gefaßt:

1) Die Prüfung der Konfervierung natürlicher und künftlicher Bausteine foll mittels Zugproben vorgenommen werden.

Die bisher vorliegenden Refultate der Prüfung von Konfervierungsmitteln haben übereinftimmend gezeigt, daß die Konfervierungsmittel ftets im Sinne einer Erhöhung der Feftigkeit oder doch im Sinne einer Verminderung der Abfchwächung der Feftigkeit im waffergetränkten und wiederholt gefrorenen Zuftande wirken. Da fämtliche Konfervierungsmittel Oberflächenübergüffe darftellen und die zu konfervierenden Steine nicht gänzlich durchdringen, fo erfcheint die Beftimmung der Feftigkeit an Zugkörpern mit geringen Querfchnitten angezeigt. Bei diefen ift auch das Verhältnis der Oberfläche zur Maffe höher, die Wirkung der Konfervierung daher deutlicher zu konftatieren.

2) Für die Form der Probekörper wird die deutfche Normalform mit 5 qcm kleinftem Querfchnitt gewählt.

Die der Konfervierung bedürftigen natürlichen Baufteine find fämtlich weich und daher unfchwer in die Normalform zu bringen. Bei künftlichen Baufteinen kann zum Formen direkt das deutfche Modell dienen.

Der deutfche Zerreißapparat ift zur Prüfung unmittelbar geeignet.

3) Für je eine Verfuchsreihe genügen 3 Probekörper. Sollten fich hierbei erhebliche Abnormitäten zeigen, fo ift die Verfuchsreihe mit weiteren 5 Probekörpern zu wiederholen.

4) Das Verfahren zur Prüfung auf Froftbeftändigkeit, welches in Art. 19 (S. 83) für natürliche und künftliche Baufteine vorgefchrieben worden ift, foll auch zur Prüfung von Konfervierungsmitteln angewendet werden. — Außerdem wird die Anftellung von Verfuchen empfohlen, welche die Dauer der Konfervierung feftftellen. Praktifch dürfte die Wiederholung der erftmaligen Verfuchsreihen nach 1 Jahr, nach 3 und 5 Jahren genügen.

5) Da es Konfervierungsmittel geben kann, deren Wirkung weniger ausgefprochen in Erhöhung der Feftigkeit, dagegen in Abfchluß von den zerftörenden Beftandteilen der Atmofphäre durch oberflächliche Porendichtung befteht, fo ift für folche die Beftimmung der fcheinbaren Porofität angezeigt, welche durch Wafferaufnahmefähigkeit in Prozenten des Gewichtes einheitlicher Probekörper vor und nach der Behandlung mit dem entfprechenden Konfervierungsmittel gefunden wird.

6) Die Vornahme der Konfervierung der Probekörper hat nach den für die praktifche Anwendung der betreffenden Konfervierungsmittel gebräuchlichen Verfahren zu gefchehen. Je nach

[60]) Glinzer, E. Kurzgefaßtes Lehrbuch der Bauftoffkunde ufw. Dresden 1903. S. 70.

der Natur der Konfervierungsmittel empfiehlt es fich, die Verfahrungsweifen rationell abzuändern, da auch die Art der Anwendung wefentlich die Wirkung beeinfluffen kann.

Es fei eine intereffante Verfuchsreihe von *Baufchinger* über die härtende Wirkung der Fluate auf Sandfteine aufgenommen, welche von Wert ift, wenn diefe Steine als Treppenftufen benutzt werden follen. In ernften Fällen wird man aber immer beffer tun, Granit zu verwenden.

Für je 10 Umdrehungen der Gußeifenfcheibe wurden nach Abftreifen des benutzten 10 g Naxosfchmirgel Nr. III neu auf diefelbe geftreut. Die Zeichen ⊥ oder || geben an, ob die betreffenden Flächen fenkrecht oder parallel zu den natürlichen Lagerflächen liegen.

Material	Einheitsgewicht	Abnutzung für 100 Umdrehungen der Gußeifenfcheibe, reduziert auf den Normalhalbmeffer von 49 cm bei einem Druck von etwa 25 kg					Mehrabnutzung der unfluatierten Flächen
		fluatiert	nicht fluatiert	fluatiert	nicht fluatiert		
Baierfelder Keuperfandftein. . . .	2,17	20,4	26,9	1,91	2,53	⊥	32,5
Cordeler Buntfandftein (Römerberg)	2,01	20,3	28,1	2,06	2,86	⊥	38,8
		19,6	31,2	1,99	3,17	||	59,3
Cottaer Quaderfandftein, hart . .	2,05	21,1	22,9	2,10	2,28	⊥	8,5
		22,2	23,2	2,21	2,31	||	4,5
Cottaer Quaderfandftein, weich . .	1,90	25,6	48,1	2,62	4,93	⊥	88,2
		26,3	37,7	2,70	3,87	||	43,3
Eggenftedter Dyasfandftein. . . .	1,89	20,1	30,4	2,17	3,28	⊥	51
		22,4	49,7	2,42	5,37	||	122
Heilbronner Keuperfandftein . . .	2,11	21,3	30,6	2,06	2,96	⊥	43,7
		19,5	33,2	1,88	3,21	||	70
Pfälzer Poft-Carbonfandftein . . .	2,22	18,4	23,5	1,69	2,16	||	27,8
Rennberger Kohlenfandftein . . .	2,05	32,2	57,0	3,20	5,67	?	77,2
		28,4	51,8	2,85	5,16		80
Straßburger Münfter-Buntfandftein, hart.	2,12	21,2	25,8	2,04	2,48	⊥	21,5
Straßburger Münfter-Buntfandftein, mittelhart	2,16	19,4	24,1	1,83	2,28	⊥	24,6
		21,3	26,9	2,01	2,54	||	26,5
Ummendorfer Kreidefandftein . .	1,99	21,4	27,2	2,19	2,80	⊥	28
		24,5	33,9	2,51	3,46	||	34,2
		Gramm		Millim.			Vomhundert

Man fieht aus obigen Zahlen fofort, daß alle fluatierten Flächen felbft bei der härteften Steinforte eine nicht unbedeutende Minderabnutzung aufweifen, daß alfo wirklich die Steine an Härte und Widerftandsfähigkeit durch das Fluatieren zugenommen haben. Naturgemäß ftellte fich hierbei heraus, daß, je weicher die betreffende Steinforte urfprünglich war, die Härtezunahme nach dem Fluatieren eine umfo größere wurde. Die Fluatierung bewirkte eine nahezu gleiche Abnutzungshärte bei allen geprüften Steinforten, deren Durchfchnitt 2,23 mm beträgt, während der Durchfchnitt der nicht fluatierten Flächen die Abnutzung von 3,33 mm, alfo eine Mehrabnutzung von nahezu 50 Vomhundert aufwies.

Literatur

über „Steinbearbeitung“ und „Steinbearbeitungsmafchinen“ [61]).

Machines for working and polifhing marble. Builder, Bd. 9, S. 238, 302, 317.

HARTMANN, C. Vollftändiges Handbuch der Steinarbeiten, oder die Kunft, alle Arten von Steinen und Schiefer zu gewinnen und zu bearbeiten. Weimar 1854. — 2. Aufl. 1862.

Mafchine zum Sägen und Bearbeiten der Steine. Allg. Bauz. 1858, S. 117.

[61]) Über die älteren Steinfägen findet fich ein vollftändiges Literaturverzeichnis in: KARMARSCH, K. Einleitung in die Lehren der mechanifchen Technologie Wien 1825. S. 98.

WEBER, M. Das Schleifen, Poliren, Färben und künftlerifche Verzieren des Marmors etc. Weimar 1864. — 3. Aufl. Wien 1884.
Boring and cleaving ftone. Building news, Bd. 11, S. 485.
Verfuche über Steinbearbeitung mittels Mafchinen. Deutfche Bauz. 1868, S. 403, 414.
BIRRELL & ROTHERSE. *Stone working machinery — Grosvenor eftate improvements. Engineer,* Bd. 25, S. 114.
Stone dreffing machine. Engng., Bd. 6, S. 489. Mafchinenb. 1869, S. 146.
Lloyd's Steinbearbeitungsmafchine. Mafchinenb. 1870, S. 385.
Patent ftone-cutting and tunnelling machinery. Engineer, Bd. 32, S. 37. Mafchinenb. 1871, S. 253.
Anderfon's Steinbearbeitungsmafchine. Mafchinenb. 1872, S. 20.
Emerfon's Diamant-Steinfäge. Mafchinenb. 1873, S. 116.
Ueber die Anwendung des Diamants zur Bearbeitung von Stein. Mafchinenb. 1873, S. 154.
Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausftellung im Jahre 1873. Band 2. Braunfchweig 1874. S. 142.
TERRIER, CH. *Préparation mécanique des pierres de taille. Gaz. des arch.* 1874, S. 68. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1874, S. 243.
Préparation mécanique des pierres de taille. Gazette des arch. 1874, S. 68.
Wilkinfon vertical ftone rubber. Builder, Bd. 32, S. 29.
Steinbearbeitungsmafchine. Mafchinenb. 1874, S. 89.
Eine neue Steinbearbeitungsmafchine. Mafchinenb. 1874, S. 195.
Mafchine zum Schneiden der Steine in Steinbrüchen. Mafchinenb. 1874, S. 229.
Emerfon's Diamant-Steinfägemafchine. Mafchinenb. 1874, S. 356.
Machinery for fawing ftone. Engineer, Bd. 42, S. 357. Polyt. Journ., Bd. 224, S. 158.
Machine à dreffer la pierre. La femaine des conft. 1876—77, S. 267.
EXNER, W. F. Die technifchen Hilfsmittel des Steinbildhauers. Wien 1877.
Brunton and Trier's ftone-dreffing machine. Engng., Bd. 23, S. 247. *Revue induftr.* 1877, S. 209. Polyt. Journ., Bd. 225, S. 133. Prakt. Mafch.-Conftr. 1877, S. 257. Mafchinenb. 1877, S. 323.
Stone-dreffing machines. Engng., Bd. 23, S. 281. Prakt. Mafch.-Conftr. 1877, S. 478.
Machines à fcier les pierres. La femaine des conft. 1877—78, S. 125.
Machine pour planer et moulurer la pierre. La femaine des conft. 1877—78, S. 305.
Die Steinbearbeitungsmafchinen auf der Weltausftellung. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1878, S. 129.
Schmidt's patentirte Steinbearbeitungsmafchine. Mafchinenb. 1878, S. 414.
Steinbearbeitungsmafchine von *Weftern & Co.* Polyt. Journ., Bd. 230, S. 304.
Steinbearbeitungsmafchinen von *Brunton & Trier.* Prakt. Mafch.-Conftr. 1878, S. 357. Polyt. Journ., Bd. 230, S. 5. Mafchinenb. 1879, S. 1.
Steinfpaltmafchine von *Gottlieb Schmidt* in Gaumitz bei Nimptfch. Baugwks.-Ztg. 1878, S. 484.
Schleifen und Poliren fteinerner Säulen auf der Drehbank. Polyt. Journ., Bd. 229, S. 322. Mafchinenb. 1879, S. 91.
Das Schleifen und Poliren fteinerner Platten und Gefimfe. Mafchinenb. 1879, S. 131.
Machines anglaifes à fcier et dreffer la pierre de taille, à faire les moulures, etc. La femaine des conft. 1877—78, S. 17, 62.
Stone fawing engine. Engng., Bd. 25, S. 515.
Steinfägemafchine von *E. C. Pfaff.* Prakt. Mafch.-Conft. 1879, S. 399.
UHLAND, W. H. Handbuch für den praktifchen Mafchinen-Conftructeur. Bd. III, 21: Steinbearbeitung. Leipzig 1880.
Stone-dreffing machine. Engng., Bd. 28, S. 301. Polyt. Journ., Bd. 235, S. 102.
HAUENSCHILD. Unterfuchungen von Schleiffteinen, Schleif- und Polirmitteln. Mitth. des technol. Gewerbe-Mufeums zu Wien 1880, Nr. 1, 2, 3.
Verbefferte Stein-Polirmühle. Mafchinenb. 1880, S. 277.
Mafchine zur Bearbeitung von Granit, Sandftein und Schiefer; von *C. L. P. Fleck Söhne* in Berlin. Polyt. Journ., Bd. 236, S. 295.
Steinfäge von *E. C. Pfaff* in Chemnitz. Polyt. Journ., Bd. 240, S. 183.
REIFER, J. J. Steinbearbeitungsmafchine von *J. J. Rieter & Cie.* in Winterthur (Syftem *Brunton & Trier*). Eifenb., Bd. 14, S. 104.
Steinbearbeitungsmafchine von *Brunton & Trier.* Nach *Engng.:* Mafchinenb. 1881, S. 259.
BRUNTON, J. D. & F. TRIER. *Machine à tailler la pierre. Portef. économ. des mach.* 1881, S. 117.
BRUNTON, J. D. & F. TRIER's. *On ftone dreffing machinery. Engng.,* Bd. 31, S. 275.
BRUNTON, J. D. & F. TRIER. *Stone-dreffing machinery. Iron,* Bd. 17, S. 74, 78.

Steinfchleifmafchine mit Hypocycloidalbewegung der Schleifplatte und mit automatifch wirkendem Sandftreu- und Wafferaufgießapparat von *C. G. Roeder* in Leipzig. Prakt. Mafch.-Conft. 1882, S. 304.

Die neue Bearbeitungs-Methode der natürlichen Baufteine mittels Dampfkraft und ihre Bedeutung für das gefammte Gebiet des Bauwefens. Baugwks.-Ztg. 1882, S. 430.

Steinfäge mit Schneide aus Diamant. Deutfche Bauz. 1883, S. 484.

Mc Donald's Steinbearbeitungs-Mafchine. Techniker, Jahrg. 5, S. 337.

BALE, M. P. *Stoneworking machinery. Building news*, Bd. 44, S. 4.

Scierie multiple pour pierres tendres et demi-dures. Syftème L. Héraud. Revue induftr. 1884, S. 354.

BALE, M. P. *Stone working machinery etc.* London 1884. — 2. Aufl. 1897.

SCHWARTZE, TH. Die Steinbearbeitungsmafchinen mit Bezug auf deren Conftruction, Anwendung und Leiftung etc. Leipzig 1885.

Vialatte's Steinfäge mit endlofem Draht. Techniker, Jahrg. 7, S. 78.

Ingerfoll's Steinblock-Abfchneide-Mafchine. Techniker, Jahrg. 8, S. 97.

DEBAUVE, A. *Notice fur les machines à travailler les pierres. Annales des ponts et chauffées* 1886—I, S. 352.

DALY, M. *Machines à travailler la pierre de conftruction. La femaine des conft.*, Jahrg. II, S. 268.

Handbuch der Ingenieurwiffenfchaften. Bd. 4: Die Baumafchinen. Abth. 3, Lief. 1: Gewinnung und Bearbeitung von Baufteinen. Von F. POLAK. Leipzig 1887.

AUGUSTE, A. *Grande fcierie à lame fans fin pour débiter les pierres, les marbres et les granits.* Nancy 1887.

Mafchinen zur Bearbeitung von Steinen. Prakt. Mafch.-Conft. 1887, S. 17.

Stein-Schleif- und Polirmafchine von *Emil Offenbacher.* UHLAND's Techn. Rundfchau, Jahrg. 3, S. 69.

Steinbearbeitungsmafchine von *Ed. Ritfchel.* UHLAND's Techn. Rundfchau, Jahrg. 3, S. 141.

Le fciage des pierres, marbres et granits. La femaine des conft., Jahrg. 13, S. 183.

TOBELL, J. Ueber die vortheilhaftefte Bearbeitung der rohen Werkftücke. Civiling. 1889, S. 569.

Machines à fcier les pierres. La femaine des conft., Jahrg. 14, S. 172.

Bandfäge zur Steinbearbeitung von *Armand Augufte*, Paris. Prakt. Mafch.-Conftr., Jahrg. 23, S. 68.

Das Diamantwerkzeug für die Steinbearbeitung. Polyt. Journ., Bd. 281, S. 121.

Mafchinen zur Bearbeitung von Steinen mittels Diamantwerkzeuge von *Fromholt, Blankart & Co.* Polyt. Journ., Bd. 282, S. 194.

Mafchine zur Bearbeitung von Steinen. Ausgeführt von der Firma *Giraud, Marini & Cie.* in Rom. GLASER's Ann. f. Gwbe. u. Bauw., Bd. 31, S. 71.

Steinbearbeitungsanlagen von *J. Thonar-Dejeaiffe*, Namur. Prakt. Mafch.-Conftr. 1893, S. 138, 142.

Trier's double action ftone-dreffing machine. Builder, Bd. 65, S. 225. *Engng.*, Bd. 56, S. 268.

KRAUTH, TH. & S. MEYER. Das Steinhauerbuch. Leipzig 1896.

SCHWARTZE, TH. Die Steinbearbeitung und ihre neueften Fortfchritte. Berlin 1897.

Das *Hergenhahn*'fche Verfahren zum mafchinellen Bearbeiten der Steine. UHLAND's Techn. Rundfchau, Gruppe II, 1899, S. 34. Baugwks.-Ztg. 1898, S. 1625.

KARMARSCH-FISCHER. Handbuch der mechanifchen Technologie. Bd. II, 3. 6. Aufl. 1901.

Kreuzer'fche Steinfpaltmafchine. Baumaterialienkde. 1901, S. 27.

Literatur

über „Haltbarmachung (Konfervierung) der Baufteine".

BURNEL, G. R. *On building-ftones — the caufes of their decay, and the means of preventing it. Builder*, Bd. 18, S. 132, 147, 163.

HEINZERLING. Ueber ein Verfahren, Steine zu härten und zu poliren. Techn. Centralbl. 1885, Nov.

Bericht des Herrn *Trooft* über die von Herrn *L. Keßler* in Clermont-Ferrand zur Härtung, Glättung und Färbung der weichen Kalkfteine angewendeten Verfahren. *Bulletin de la foc. d'encourag.* 1885, Feb., S. 76.

TETMAJER, L. Zur Frage der Confervirung der natürlichen Baufteine. Schweiz. Bauz., Bd. 9, S. 91.

HAUENSCHILD, H. Die *Keßler*'fchen Fluate etc. Berlin 1892. — 2. Aufl. 1895.

Die ökonomifche Bedeutung der *Keßler*'fchen Fluate. Baugwks.-Ztg. 1892, S. 856.

La marmorifation par le procédé et le travail mécanique des pierres. Panthéon de l'ind. 1892, Aug., S. 238.

Die härtende Wirkung der *Keßler*'ſchen Fluate auf Sandſteine. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 173.
Abel. Ueber die *Keßler*'ſchen Fluate zum Härten von Steinen, Cement, Mörtel, Gyps u. ſ. w. Gewbbl. aus Württemberg 1893, Nr. 25; 1894, Nr. 26.
Härten der Baumaterialien mittels Fluaten. Bad. Gewbztg. 1893, Nr. 47.
Glinzer. Härtungsmethoden von Bauſteinen, insbeſondere das Fluatiren. Zeitſchr. f. ang. Chemie 1893, Heft 17.
Ueber das Conſerviren unſerer Kunſtdenkmäler, bezw. das Härten von Marmor und weichen Steinen. Allg. Kunſt-Chronik 1893, Heft 25.
Glinzer, E. Ueber Konſervirung natürlicher Steine. Deutſche Bauz. 1894, S. 175.
Merkel, C. Der Verfall der Bauſteine und die Verhütung desſelben. Deutſcher Steinbildhauer 1894, Nr. 4 u. ff.
Behandlung von Steinen mit den *Keßler*'ſchen Fluaten. Deutſches Steinbildh.-Journ. 1894, Nr. 5.
Anwendung der *Keßler*'ſchen Fluate für Cement, Gyps etc. Deutſches Steinbildh.-Journ. 1894, Nr. 7.
Nochmals die *Keßler*'ſchen Fluate. Deutſcher Steinbildhauer 1894, Nr. 8.

---

2. Kapitel.

Tonerzeugniſſe.

Von † Hans Hauenschild; neu bearbeitet von Hugo Koch.

54. Tonerzeugniſſe im allgemeinen.

Wenn der Stein die naturgemäßeſte und edelſte materielle Unterlage der Architektur iſt, ſo ſind jene Materialien, welche mittels eingreifender Form- und chemiſcher Änderungen die Eigenſchaften guter Steine erlangen, das Weitverbreitetſte und dem Bedürfnis Zuſagendſte. Hierin ſpielt wieder das Gebiet der Tonerzeugniſſe weitaus die bedeutendſte Rolle. Die Zerſetzungsprodukte der Erdrinde, das aus allen Fugen und Formen gewichene amorphe Überbleibſel, teilweiſe lagernd als Verwitterungsmantel über den urſprünglichen Steinen, teilweiſe durch die transportierende Kraft des Waſſers weithin nach allen Richtungen als feiner Schlamm geführt und endlich mannigfach verunreinigt und vermiſcht mit den Verweſungsprodukten anderer Geſteine, bilden das Rohmaterial zur älteſten aller Großinduſtrien, der Toninduſtrie (Keramik); denn der Ton iſt nicht nur das verbreitetſte, faſt mit Sicherheit überall dort zu findende Material, wo die Bedingungen für dauernde Niederlaſſung und dauernde Kultur gegeben ſind, ſondern auch das dem Bedürfnis am meiſten zuſagende. Welches Material böte der formenden Hand auch nur annähernd weniger Widerſtände, um doch dabei die geformte Geſtalt dauernd zu behalten, eine genügende Feſtigkeit anzunehmen und jene Summe von Poroſität zu behalten, welche in Bezug auf Wärmeleitung und Lüftung die denkbar günſtigſte iſt! Es war der genialſte Inſtinkt, welcher zuerſt zur Verwendung des Tones trieb und welcher die fruchtbarſte Pflanzſtätte für formende Kunſt wurde.

Wenn wir heute die Toninduſtrie zu den chemiſchen Induſtrien zählen, ſo dürfen wir nicht vergeſſen, daß die keramiſche Chemie erſt ſeit einigen Jahrzehnten zählt, während die Blüteepochen der Induſtrie vor Jahrhunderten als eine Folge unabläſſiger Erfindungsbegierde und empiriſchen Vergleichens und Probierens vorhanden waren. Allerdings iſt durch die Wiſſenſchaft heute das Meiſte, was früher Eigentum eines Einzigen war und mit ihm ſtarb, Gemeingut aller Fachleute geworden, und die techniſchen Fortſchritte ſind geradezu ebenſo epochemachend wie die Umwälzung im Verkehrsweſen infolge der Erfindung der Dampfmaſchine; aber die künſtleriſche Entwickelung hat ihren Höhepunkt gewiß noch nicht erreicht.

55. Einteilung.

Die Tonerzeugniſſe laſſen ſich in zwei große Klaſſen einteilen, von denen jede einzelne in ihrer Maſſe phyſikaliſch ſcharf gekennzeichnet erſcheint, während

nach den verschiedenen Graden der Feinheit, Gleichartigkeit und Färbung einerseits, nach dem verschiedenen Überzuge zum Schutze und als Dekoration andererseits mehrere Untergattungen sich ergeben, welche verschiedenen Zwecken dienen.

Der Bruch des fertigen Erzeugnisses gibt den Haupteinteilungsgrund ab. Entweder ist derselbe porös oder zeigt einen höchstens gesinterten Scherben, oder er ist vollkommen dicht, glasig, zeigt deutliche Schmelzstruktur.

Die Tonwaren mit nicht geflossenem Scherben sind entweder aus solchen Tonen gebrannt, welche keine Flußmittel enthalten, oder sie haben, wenn solche vorhanden sind, nur einen Hitzegrad erhalten, der das Erweichen oder Schmelzen dieser Flußmittel nicht zuläßt und nur das Dichterwerden oder Zusammensintern gestattet. Die Masse bleibt porös, saugt Wasser ein oder läßt es durchschwitzen; der Bruch ist erdig-kreidig, und ein trockenes Stück haftet mehr oder minder an der Zunge.

Die Tonwaren mit nichtgeflossenem undichtem Scherben teilen wir nach dem Vorschlage *Hartig*'s[62]) in folgende Gruppen:

56. Irdenware

a) Irdenware. Darunter versteht man jedes undicht gebrannte Erzeugnis aus nach dem Brennen farbigem Ton, das weder glasiert, noch lackiert oder irgend sonst dekoriert ist. Dahin gehören:

1) Backsteine oder Ziegel, das gewöhnlichste und eigentliche Konstruktionsmaterial aus gebranntem Ton, das bereits im vorhergehenden Kapitel abgehandelt ist.

2) Drainröhren und Blumentöpfe, schwach gebrannte, möglichst poröse, unglasierte Roh-Irdenware, die als Material des Ausbaues nur nebensächlich in Betracht kommen kann.

3) Terrakotta. Diese ist ein uraltes Dekorationsmaterial, welches bei gehöriger Auswahl des Rohstoffes und Sorgfalt der Fabrikation alle ausgezeichneten Eigenschaften einer plastischen Masse mit der Gewähr der Dauerhaftigkeit vereinigt und eine billige Dekoration gestattet. Das vielfache Vorurteil gegen Terrakotta als unedles und wenig dauerhaftes Material ist durch viele Beispiele wohlerhaltener Terrakotten aus der alten Zeit und aus dem Mittelalter, sowie durch die ausgezeichneten Erzeugnisse der jetzigen größeren Tonwarenfabriken gründlich widerlegt.

Die Terrakotten werden aus verschiedenfarbigen Tonen angefertigt und, zur Erzeugung einer dichten, dem Gefüge natürlicher Steine nahekommenden Oberfläche, mit verschiedenen, sorgfältig ausgewählten Magerungs- und Sinterungsmitteln gemengt, welche beim Trocknen und Brennen ein allseitig gleichmäßiges Schwinden besitzen müssen. Das Schwindmaß beträgt meist etwa $^1/_{12}$, worauf bei Anfertigung der Zeichnungen genau Rücksicht genommen werden muß. Da auch das gleichmäßige Schwinden mit der Dicke der Masse zusammenhängt, so werden alle nicht flächenförmigen Terrakotten hohl hergestellt, wodurch für den Bau der weitere Vorteil geringen Eigengewichtes gewonnen wird.

Die verschiedenartigen Farbentöne vom reinen Weiß, Gelb, Rot werden häufig auch durch Engobieren oder Eintauchen der getrockneten Stücke in eine Tonschlämpe von gewünschter Farbe erzeugt, ein Verfahren, welches schon die alten Griechen kannten und welches in neuerer Zeit auf Vorschlag des um die Hebung der Keramik so hochverdienten *Türrschmidt* wieder eingeführt wurde.

Alle nur erdenklichen Ornamente werden aus Terrakotta angefertigt, und die Vervielfältigung durch Modellformen gestattet eine sehr bedeutende Ermäßigung der Kosten. Die Abmessungen sind innerhalb gewisser Grenzen beliebig, und es sollen z. B. (nach *Gottgetreu*) Säulenschäfte bis 6,50 m Höhe, Kolossalfiguren von 5,13 m Höhe usw. vorkommen. Statuen und Karyatiden von 2,50 m

[62]) Technologische Einteilung der Erzeugnisse aus gebranntem Ton. Civiling. 1888, S. 653.

Höhe, Säulen von gleicher Höhe und darüber (bei rund 30 cm Durchmeffer), Volutenkonfolen bis 1,20 m Höhe, Akroterien, Kandelaber und Vafen von 2,00 m Höhe, ferner Friefe, Medaillons, Rofetten, Trophäen ufw. von ähnlich bedeutenden Abmeffungen werden vielfach hergeftellt. Beim Berliner Rathaufe, ebenfo bei der Univerfität zu Königsberg, hat fich aber herausgeftellt, daß freiftehende hohle Tonmaffen, wie Figuren, dem nordifchen Winter nicht ftandhalten; fie zerfprangen und zerfielen nach einigen Jahren trotz ihrer vollendet guten Herftellung.

Die Tragfähigkeit der Terrakotten wird in der Regel garnicht oder nur wenig in Anfpruch genommen. Indeß zeigen die Verfuche von *Pulham*, daß gute englifche Terrakotten immerhin 430 kg für 1 qcm tragen. Verfuche mit Konfolen der Tonwarenfabrik von *Ernft March Söhne* in Charlottenburg bewiefen ebenfalls die bedeutende Tragfähigkeit deutfcher Handelsware.

Beim Bau des Kunftgewerbemufeums in Berlin wurden Probebelaftungen mit Terrakottakonfolen und Architraven aus letzterer Fabrik vorgenommen, denen wir entnehmen, daß eine Konfole des Hauptgefimfes der Kunftfchule von 39 cm Höhe und 66 cm freitragender Ausladung bei etwa 2 cm Wandftärke und einer Belaftung in der Mitte von 1995 kg brach, eine Unterkonfole vom Hauptgefimfe des Kunftgewerbemufeums von nur 21 cm Höhe und 38 cm Ausladung bei 725 kg, die Oberkonfole dazu von 32 cm Höhe und 52 cm Ausladung bei 2027,5 kg, während bei beiden letzteren Konfolen zufammen verbunden erft eine Belaftung von 5353 kg den Bruch herbeiführte. Die Gefimskonfolen waren dabei in einer $1\frac{1}{2}$ Stein ftarken Mauer feft vermauert und der ganzen Ausladung nach mit Ziegeln in Gipsmörtel übermauert.

Ein Architravftück von 24 cm Höhe, beinahe quadratifch kaftenförmigem Querfchnitt und 1 m Länge, Auflager frei verlegt, in der Mitte belaftet, brach bei 3513 kg.

Obwohl fich bei Terrakotten wegen der verwickelten Formen allgemeine Koeffizienten nicht gut aufftellen laffen, fo kann doch eine ganz bedeutende Widerftandsfähigkeit auch mit zu ihren guten Eigenfchaften gezählt werden.

57. Lackware.

b) Lackware. Meift Zierwaren und Nippfachen aus undicht gebrannter farbiger Grundmaffe, unglafiert, aber mit Lackfarbe dekoriert. Dahin gehören die Siderolithwaren, im Grunde genommen nichts als lackierte Terrakotten.

58. Verglühgut.

c) Verglühgut. Darunter verfteht man fchwachgebrannte Erzeugniffe aus weißbrennendem Ton, unglafiert. Dahin gehören z. B. die Tonzellen für galvanifche Elemente, die Kölner-Pfeifen ufw.

59. Schmelzware.

d) Schmelzware. Mit diefem Namen werden alle glafierten Tonwaren mit farbig gebranntem undichtem Scherben bezeichnet. Für die äußere Architektur haben die hierher gehörigen gewöhnlichen Töpferwaren wenig Bedeutung, dagegen für den inneren Ausbau allerdings die Ofenkacheln, Majolika und Fayence.

Das Bedürfnis nach Abwechslung in Form und Farbe, befonders an größeren Flächen, führte in der Architektur frühzeitig zur Polychromie. Bei Flächen, welche den zerftörenden Atmofphärilien unmittelbar ausgefetzt find, fann man nach Mitteln, diefe Abwechslung durch polychrome Flachornamentik zu bewirken, und fand hierfür zwei verfchiedene Verfahren. Entweder bildete man das Ornament aus harten vielfarbigen Fragmenten von natürlichem oder künftlichem Stein von geringen Abmeffungen, man erfand die Mofaiktechnik, oder man gab dem gebrannten Scherben einen haltbaren, oft mit unvergänglichen Farben zu dekorierenden Malgrund, die Glafur, und erfand dadurch Majolika und Fayence.

60. Ofenkacheln.

Bei Herftellung der Ofenkacheln wird auf ein rechteckiges Blatt von 21×24 cm ($= 8 \times 9$ Zoll) Seitenlänge, das „Blatt oder die Platte", ein erhöhter, eingebogener Rand („Hals, Rumpf oder Zarge") gepreßt. Das Blatt kann eben („Plattkacheln"), vertieft („Napfkacheln") oder reliefiert, ferner unglafiert („Biskuitkacheln") oder glafiert fein („Schmelzkacheln"). Bei letzteren wird nach dem Brennen das Blatt auf einer eifernen Platte mit feinem Sand gefchliffen, nachher mit Glafur ufw. verfehen und von neuem gebrannt. Außerdem hat man noch Eck-, Fries- und Gefimskacheln.

61. Majolika und Fayence.

Die Majolika, urſprünglich zur Dekorierung von Putzeſtrich und Putzwand benutzt, wurde in neueſter Zeit auch auf keramiſche Erzeugniſſe, zu Boden- und Wandflieſen, angewandt. Die berühmten Flieſen von *Minton, Hollins & Co.* in Stoke upon Trent in England, die Mettlacher Platten uſw. gehören in dieſe Klaſſe. Die großen Tonwarenfabriken von *Ernſt March Söhne* in Charlottenburg und der Wienerberger-Geſellſchaft in Inzersdorf bei Wien pflegen den gleichen Zweig dieſer Technik mit großem Erfolge.

Nach dem Vorgange der *Minton*'ſchen Fabrik unterſcheiden wir auch:

α) Enkauſtiſche Flieſen *(Encauſtic tiles)*, welche in der Weiſe hergeſtellt erſcheinen, daß entweder das Ornament zuerſt in einer vertieften Form mit entſprechend gefärbtem Ton, darauf erſt der Grund in plaſtiſchem Ton gepreßt wird, wie bei der engliſchen Ware, oder aber, daß zuerſt der Grund hergeſtellt und dann erſt das vertieft ausgeſparte Ornament durch Preſſen faſt trockenen Tonpulvers angebracht wird, wie bei der deutſchen Ware. Um hierbei größte Dichte des fertigen Steines zu erzielen, werden Pulver von Feuerſtein oder Feldſpat als Magerungsmittel zugeſetzt und die Tafeln ſcharf bis zur Sinterung gebrannt. Gute enkauſtiſche Flieſen geben deshalb auch mit dem Stahle Funken (ſog. Mettlacher Flieſen von *Villeroy & Boch* u. a.).

β) Moſaikflieſen *(Moſaic tiles)* werden aus ſcharf gepreßten und ſcharfkantigen Prismen von verſchiedenfarbigem Ton *(Teſſerae)*, welche meiſt auch Glaſur erhalten, nach Zeichnung trocken zuſammengeſtellt und ſodann durch eine Paſte, meiſt Portlandzement, gebunden.

γ) Reliefflieſen *(Emboſſed tiles)*, wobei nicht, wie bei den enkauſtiſchen *Minton*-Flieſen, die Vertiefungen der Form durch verſchiedenfarbige Tonſchlämpe ausgefüllt werden, ſondern bei denen nach ſchwachem Brennen die erhabenen Stellen mit einer durchſcheinenden Glaſurfarbe verſehen werden, welche ſehr leichtflüſſig iſt und daher nach dem Einbrennen kräftig plaſtiſch (durch Schattenerzeugung) wirkt.

δ) Fayence-Majolika-Flieſen *(Majolica tiles)*, welche aus weißem Ton oder weiß engobiert mit einer undurchſichtigen Zinn-Blei-Glaſur verſehen ſind, unter oder über welcher die Zeichnung durch Handmalerei oder Druck angebracht wird.

ε) Schweizer-Majolika, nach der alten Sgraffittomanier dadurch dekoriert, daß über einem anders gefärbten Grund eine Engobe angebracht und durch dieſe Kruſte hindurch, durch Einritzen, der Grund in ſchraffierten Linien bloßgelegt wird. Dieſe von *Keller-Leuzinger* in Heimberg (Kanton Thun) eingeführte Technik wird übrigens meiſt für Töpferwaren angewendet, welche mit durchſichtiger Bleiglaſur und verſchiedenfarbigen Metall-Luſtrefarben verſehen ſind.

Die drei letzten der angeführten Verfahren gehören dem Gebiet deſſen an, was man Fayence und Majolika, reſp. Mezza-Majolika nennt. Zu erwähnen wäre hierbei auch noch die Verwendung ſolcher Flieſen als Ausbaumaterial zu Fußbodenbelägen, Wandverkleidungen, für Frieſe und Einlagen in Mauern uſw.[93]).

Die eigentliche Majolika (von der durch Mauren auf Majorca gepflegten Technik ſo genannt) iſt mit undurchſichtiger Emailglaſur verſehen, auf welche vor dem Einbrennen die verſchiedenen Farben aufgetragen werden; dies iſt die eigentliche *Lucca-della-Robbia*-Manier. Die Majolikatechnik wurde ſpäter in Frankreich durch *Paliſſy* u. a. wieder aufgefunden und daſelbſt zu hoher Blüte gebracht; *Paliſſy* verband mit ſeinen großen Wandflieſen auch die Reliefornamentik und erzielte dadurch eine doppelte Wirkung.

Die eigentliche feine Fayence *(Fayence d'art, Fayence à pâte tendre)* wurde durch Engobieren eines Untergrundes mit feinem weißen Pfeifenton hervorgebracht und mit einer durchſichtigen Erd- oder Bleiglaſur verſehen.

Die Mezza-Majolika iſt ebenfalls mit durchſichtiger Bleiglaſur, aber ſtets auch mit Metall-Luſtre verſehen. Zu dieſer gehören die Gubbiowaren.

Heute werden alle dieſe Arten von Dekoration je nach der beabſichtigten Wirkung angewendet, und es verdient beſonders das öſterreichiſche Kunſtgewerbemuſeum in Wien als Wiedererweckerin der alten Majolika- und Fayencetechnik genannt zu werden. *Koſch* hat faſt alle alten

[93]) Näheres darüber wird in Teil III, Band 3, Heft 3 geſagt werden.

Glafurfarben in ihrer ganzen Herrlichkeit wieder komponiert, manche noch übertroffen, und die Arbeiten von ***Wahliß, Schütz, Klammert, Fifcher-Herend*** ufw. beweifen, daß auch die Technik der Ausführung ftetige Fortfchritte macht.

Schließlich wäre noch der Anwendung der Majolika- und Fayencetechnik in der Ofenfabrikation zu gedenken, welche fchon im fpäten Mittelalter und in der Renaiffance blühte und deren Wiederbelebung gleichfalls der Neuzeit angehört. (Siehe auch den vorhergehenden Artikel.)

62.
Steingut.

e) Steingut. Jede glafierte Tonware mit weißgebrannten undichten Scherben ift genau als Steingut zu bezeichnen. Da Fayence häufig mit weißbrennendem Ton begoffen wird und da andererfeits Tonwaren aus weißbrennendem Ton fchärfer gebrannt, dichten Scherben geben, fo entftehen Übergänge verfchiedener Art, und man verwechfelt häufig Steingut mit Fayence und nennt umgekehrt Steinzeugwaren häufig Steingut.

Die Tonwaren mit gefloffenem, dichtem Scherben find aus Tonen geformt, welche eine entfprechende Menge Flußmittel entweder urfprünglich enthielten oder künftlich zugefetzt bekamen, und ftets bei einer fo hohen Temperatur gebrannt, daß diefes Flußmittel fchmolz und die damit innigft gemengte Maffe weich machte, fo daß das Ganze eine beginnende Schmelzung, Sinterung, erlitt. Sie haben einen dichten, für Flüffigkeiten undurchläffigen Bruch von glänzendem, mufchelförmigem Anfehen, haften nicht an der Zunge und laffen fich vom Meffer nicht ritzen.

Je nach der Farbe des gefinterten Tones und der Dekorierung werden nach ***Hartig*** folgende Abteilungen unterfchieden:

63.
Klinkerware.

f) Klinkerware find dicht gebrannte, nicht glafierte Erzeugniffe aus farbig gebranntem Ton.

Dahin gehören als rohe Ware die Klinker, das tragfähigfte, dichtefte und dauerhaftefte Konftruktionsmaterial, das fchon im vorigen Kapitel (Art. 31, S. 100) befprochen wurde, ebenfo die Kunftbafaltfteine und die *Iron bricks*.

Ferner ift als feine Ware von künftlerifch hervorragendem Werte hierher gehörig das Wedgwood, feine, nicht durchfcheinende, entweder in der Maffe gefärbte oder mit farbigem Überzug verfehene Klinkerware, bei der befonders die blauen und grünen Farben gefchätzt werden, auf welche meift weiße Reliefs aufgefetzt find. An das Wedgewood fchließt fich der ähnliche Chromolith an.

64.
Steinzeug.

g) Steinzeug. Darunter find Tonwaren mit farbigem, gefloffenem Scherben zu verftehen, die eine Glafur befitzen.

Dahin gehören als Rohware das ordinäre Steinzeug, das fich durch große Härte und Widerftandsfähigkeit gegen Abnutzung, fowie durch größte Feftigkeit auszeichnet und deshalb ausgedehntefte Anwendung zu ftark beanfpruchten Ausbaumaterialien findet. Es wird gewöhnlich mit fchwer fchmelzbarer Erdglafur von brauner oder graphitfchwarzer Farbe verfehen. Befonders werden Steinzeugröhren zu Abort-, Kanal-, Waffer- und Dunftleitungen hergeftellt, ebenfo Abortbecken, Ausgußbecken, Siphons und andere Formftücke.

Für die Steinzeugröhren find vom „Verband Deutfcher Architekten- und Ingenieur-Vereine" im Jahre 1903 Normalabmeffungen vereinbart worden, und zwar: 10, 12,5, 15 und 20 ^{cm} Durchmeffer bei bezw. 1,5, 1,6, 1,7 und 1,9 ^{cm} zuläffiger kleinfter Wandftärke fowie 0,60 und 1,00 ^{m} Länge. Doch werden auch Röhren mit erheblich größerem Durchmeffer, bis 60 ^{cm} und darüber, angefertigt.

Häufig werden auch Schornfteinauffätze der verfchiedenften Konftruktion verwendet, ferner Kamin- und Mauerabdeckplatten, Bürgerfteig- und Wandplatten ufw. In chemifchen Fabriken, Laboratorien ufw., wo es auf Widerftand gegen Einwirkung von Säuren ufw. ankommt, find Steinzeugwaren geradezu unentbehrlich.

Steinzeugröhren widerſtehen einem inneren Drucke um ſo mehr, je geringer ihre lichte Weite iſt: bis 27 Atmoſphären und darüber bei engen und etwa nur 4,5 Atmoſphären bei ſehr weiten Röhren, natürlich unter Vorausſetzung ſorgfältigſter Herſtellung[64]).

Zum ordinären Steinzeug gehören noch ein großer Teil der gewöhnlichen Gebrauchsgeſchirre (Bunzlauer Geſchirr), ſowie die mit Salzglaſur verſehenen Steinzeugkruken und die deutſchen Steinkrüge aus dem Naſſauer Kannenbeckerlande.

Einen Übergang zu der nächſten Gruppe bildet das ſog. weiße Steinzeug aus weißem Ton mit einem Feldſpatflußmittel und durchſichtiger bleihaltiger Glaſur. Dasſelbe dient als unechtes Porzellan zum Erſatz des echten Porzellans und wird unrichtigerweiſe häufig als Steingutware bezeichnet. Von dem echten Porzellan unterſcheidet es ſich durch den Mangel am Durchſcheinen.

65. Biskuitporzellan.

h) Biskuitporzellan iſt weißes, gering durchſcheinendes, unglaſiertes Erzeugnis, aus Porzellanerde erbrannt, das zu plaſtiſchen Darſtellungen mannigfaltige Anwendung findet. Es zeichnet ſich als halbglaſiges, bis zum völligen Fritten gebranntes Erzeugnis durch die größte Härte und Feſtigkeit aus, die bei nicht metalliſchen Materialien bekannt iſt, gibt mit dem Stahl Funken und erreicht nach *Michaëlis* eine Druckfeſtigkeit von 4364 bis 13 933 kg für 1 qcm, während die entſprechende Zugfeſtigkeit 227 bis 266 kg beträgt.

Zum Biskuitporzellan gehört auch das gelblich-weiße engliche Parainſtatuen-Porzellan.

66. Glaſurporzellan.

i) Glaſurporzellan unterſcheidet ſich vom Biskuitporzellan durch ſeine ausgezeichnete Schmelzglaſur und wurde in Europa vom Goldmacher *Böttger*, dem Begründer der Meißener Porzellanmanufaktur, erfunden; die Fabriken von Wien, Berlin und München uſw. ſind Töchter der Meißener Fabrik. Frankreich ging mit ſeiner berühmten Manufaktur von Sèvres ſelbſtändig vor und erreichte namentlich durch *Brogniart* ſeine höchſte Blüte. In England wurde von *Wedgwood* die Porzellaninduſtrie begründet. In neuerer Zeit hat die Berliner Porzellanmanufaktur durch die Erfindung des *Seger*-Porzellans die alten japaniſchen Porzellane in ihren herrlichen Farbentönen erreicht und ganz neue Gebiete des Dekorierens und der Verwendung von Porzellan erſchloſſen. Man unterſcheidet denn auch im allgemeinen folgende Sorten Porzellan:

1) Echtes oder hartes Porzellan mit gleichmäßig gefloſſener Maſſe, ſtahlhart, durchſcheinend, feinkörnig, klingend, ſtrengflüſſig; mit bleifreier harter Glaſur glaſiert und entweder unter der Glaſur mit Scharffeuerfarben oder über der Glaſur mit Muffelfarben gemalt.

2) *Seger*-Porzellan, nach dem Chemiker der Berliner Manufaktur (Profeſſor *Seger*) benannt, hat Ähnlichkeit mit dem japaniſchen Porzellan, iſt weniger ſtrengflüſſig, noch mehr durchſcheinend als das bisherige Porzellan, und beſitzt eine leicht gelbliche Elfenbeinfarbe. Es geſtattet eine viel reichere Anwendung von Metalloxydfarben in und unter der Glaſur mit ungleich höherem Glanz und größerer Schönheit als bisher. Namentlich iſt hierbei die Herſtellung des echten chineſiſchen Rot gelungen, und es werden neben den ſchönſten Ziergefäßen glänzend wirkende Flieſen mit teppichartig rauhen Oberflächen hergeſtellt, eine neue Technik von großer Tragweite, da jetzt Platten von 1 cm Dicke durch und durch gefrittet hergeſtellt werden können.

3) Frittenporzellan oder weiches Porzellan, unterſchieden in franzöſiſches Frittenporzellan von geringer Strengflüſſigkeit mit weicher, bleihaltiger

[64]) Siehe: Köppe. Proben mit verſchiedenen Waſſerleitungsröhren. Deutſche Induſtrie-Ztg. 1875, S. 265 u. 278.

Glasur und Farben unter der Glasur eingebrannt, und englisches Frittenporzellan, Kaolinporzellan mit Knochenasche als Flußmittel, weicher und weniger haltbar als das echte Porzellan.

Die diesem Kapitel gezogenen Grenzen gestatten nicht ein Eingehen in die Einzelheiten der mannigfachen Abstufungen der Tonerzeugnisse; *Salvetat* zählt allein 74 verschiedene Arten auf.

Literatur.

Bücher über „Tonerzeugnisse" und „ihre Herstellung".

HARTMANN, C. F. A. Die Thonwaaren-Fabrikation. Quedlinburg 1850.

BRONGNIART, A. *Traité des arts céramiques.* 2. Aufl. Paris 1854.

HEUSINGER v. WALDEGG, F. Die Kalk-, Ziegel- und Röhrenbrennerei etc. Leipzig 1861. — 2. Aufl. 1901.

PAULSSEN, W. Die natürlichen und künstlichen feuerfesten Tone, ihr Vorkommen, ihre Beurtheilung etc. Weimar 1862.

La fabrication de briques, de produits céramiques, de chaux et ciment. Paris 1867.

LEJEUNE, E. *Guide du briquetier, du fabricant de tuiles, carreaux, tuyaux et autres produits en terre cuite etc.* Paris 1870.

KERL, B. Handbuch der gesammten Thonwaarenindustrie. Braunschweig 1871. — 2. Aufl. 1879.

KÖNIG, F. Der praktische Röhrenmeister. Jena 1872.

BONNEVILLE, P. & L. JAUNEZ. *Les arts et les produits céramiques. La fabrication des briques et des tuiles; suivi d'un chapitre sur la fabrication des pierres artificielles et d'une étude très-complète des produits céramiques, poteries communes, porcelaines, faïences etc.* Paris 1873.

Officieller Ausstellungs-Bericht über die Wiener Weltausstellung 1873. Heft 24: Die Thonwaaren-Industrie. Von E. TEIRICH. Heft 42: Die Maschinen- und Werksvorrichtungen in der Thonwaaren-Industrie. Von E. TEIRICH. Wien 1874.

BISCHOF, C. Die feuerfesten Thone, deren Vorkommen, Zusammensetzung, Untersuchung, Behandlung und Anwendung, mit Berücksichtigung der feuerfesten Materialien überhaupt. Leipzig 1876.

LIEBOLD, B. Die neuen continuirlichen Brennöfen zum Brennen von Ziegelsteinen, Thonwaaren, Chamotte-, Cement- und Kalksteinen. Halle 1876.

STEGMANN, H. Die Bedeutung der Gasfeuerung und Gasöfen für das Brennen von Porzellan, Thonwaaren, Ziegelfabrikaten, Cement, Kalk, sowie für das Schmelzen des Glases. Berlin 1877.

TENAX, B. P. Die Steingut- und Porzellanfabrikation etc. Leipzig 1879.

LITCHFIELD, F. *Pottery and porcelain.* 2. Aufl. London 1880.

JANVIER, C. A. *Practical keramics for students.* London 1880.

CHAMPFLEURY. *Bibliographie céramique. Nomenclature analytique de toutes les publications faites en Europe et en Orient sur les arts et l'industrie céramiques depuis le XVI[e] siècle jusqu'à nos jours.* Paris 1881.

DEMMIN, A. Keramik-Studien. Leipzig 1881—83.

JAENNICKE, F. Die gesammte keramische Literatur. Stuttgart 1882.

WIPPLINGER, S. Die Keramik oder die Fabrikation von Töpfergeschirr, Steingut, Fayence, Steinzeug, Teralith etc. Wien 1882.

FOY, J. *La céramique des constructions briques, tuiles, carreaux, poteries, carrelages céramiques, faïences decoratives.* Paris 1883.

SCHUMACHER, W. Die keramischen Thonfabrikate etc. 5. Aufl. von K. WILKENS: Die Töpferei. Weimar 1884.

BONNEVILLE, JAUNEZ, PAUL & SALVETAT. *Les arts et les produits céramiques.* Paris 1884.

DAVIS, CH. TH. *A practical treatise on the manufacture of bricks, tiles, terra cotta, etc.* London 1884. — 2. Aufl. 1890.

OLSCHEWSKY, W. Die Ursachen der Verwitterung bei Verblendsteinen und Terrakotten. Halle 1885.

JOCHUM, P. Die Bestimmung der technisch wichtigsten physikalischen Eigenschaften der Thone etc. Berlin 1885.

Adreßbuch der keramischen Industrie. Coburg 1890.

STEINBRECHT, G. Die Steingutfabrikation. Wien 1890.

SWOBODA, C. W. Grundriß der Thonwaaren-Industrie oder Keramik. Wien 1894.

DÜMMLER, K. Die Ziegel- und Thonwaaren-Induftrie in den Vereinigten Staaten und auf der Columbus-Weltausftellung zu Chicago 1893. Halle 1894.
LEFÈVRE, L. *La céramique du bâtiment etc.* Paris 1897.
BINNS, C. P. *Ceramic technology etc.* London 1900.
FORRER, R. Gefchichte der europäifchen Fliefen-Keramik vom Mittelalter bis zum Jahre 1900. Straßburg 1901.
LOESER, C. Handbücher der keramifchen Induftrie für Studierende und Praktiker. Halle 1901.

Siehe auch die Literatur-Angaben auf S. 106, ferner:

Notizblatt des Deutfchen Vereins für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaaren, Kalk und Cement. Berlin 1865–80.
Notizblatt des Ziegler- und Kalkbrenner-Vereins. (Fortfetzung zum Notizblatt des Deutfchen Vereins für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaaren, Kalk und Cement.) Red. von F. HOFFMANN. Berlin. Erfcheint feit 1881.
Deutfche Töpfer- und Ziegler-Zeitung etc. Red. von K. DÜMMLER. Halle. Erfcheint feit 1870.
Moniteur de céramique. Paris. Erfcheint feit 1870.
Glashütte und Keramik. Technifch-kommerzielle Fachzeitfchrift für die gefammte Glas-, Porzellan- und Thonwaaren-Induftrie und den Handel. Red. von J. FAHDT. Leipzig. Erfcheint feit 1871.
PAUL LOEFF's Wochenfchrift der Ziegel-, Thonwaaren-, Kalk-, Cement- und Gyps-Induftrie. Berlin. Erfcheint feit 1881.
Illuftrirtes Fachblatt für die gefamte Glas-, Porzellan- und Steingut-Induftrie. Red. von M. W. WILRICH. Wien. Erfcheint feit 1893–96. — Alsdann u. d. T.: Die Keramik etc. Zittau.
Central-Blatt für Glas-Induftrie und Keramik. Red. von H. LOEWENTHAL. Wien. Erfcheint feit 1892.
Der Thonwaaren-Fabrikant. Zeitfchrift für Ziegler, Hafner, Kalk- und Cement-Induftrie. Herausg. von J. BÜHRER. Stuttgart. Erfcheint feit 1875–99.
The pottery and glaß journal. New-York.
Zeitfchrift für die gefammte Thonwaareninduftrie und verwandte Gewerbe. Red. von H. STEGMANN. Braunfchweig. Erfcheint feit 1876–79.
Toninduftrie-Zeitung und Fachblatt der Cement-, Beton-, Gips-, Kalk- und Kunftfteininduftrie. Schriftl.: E. CRAMER. Berlin. Erfcheint feit 1877.
Keramifche Rundfchau. Illuftrirte Fachzeitung der Porzellan-, Glas- und Thonwaaren-Induftrie. Red. von E. SPEISER. Coburg. Erfcheint feit 1893.
Sprech-Saal. Zeitfchrift für die keramifche, Glas- und verwandten Induftrie etc. Red. von R. MÜLLER. Coburg. Erfcheint feit 1868.
Die Thonwaaren-Induftrie etc. Herausg. u. red. von F. EHLERS. Bunzlau. Erfcheint feit 1886.
Deutfche Töpfer-Zeitung etc. Leipzig. Erfcheint feit 1876–98.
Stein und Mörtel. Zeitfchrift für die Intereffen der Thoninduftrie etc. Erfcheint feit 1897.
Studienmappe für die keramifche Induftrie. Herausg. von CH. WITTMANN & R. SEIDEL. Plauen. Erfcheint feit 1897.
Keramifche Monatshefte. Red. von K. DÜMMLER. Halle. Erfcheint feit 1901.

---

3. Kapitel.

Die Mörtel und ihre Grundftoffe.

Von † HANS HAUENSCHILD; neu bearbeitet von HUGO KOCH.

a) Allgemeines.

67.
Aufgabe des Mörtels.

Unter Bindemittel oder Mörtel im weiteren Sinne verfteht man plaftifche Subftanzen, welche einerfeits zur Ausfüllung der Fugen in den raumbegrenzenden Konftruktionsteilen, andererfeits zur Verbindung derfelben zu einem ftabilen Ganzen dienen. Die Fugenausfüllung durch eine plaftifche, allen Unebenheiten fich anfchmiegende Maffe bewirkt einmal die gleichmäßigere Verteilung des Druckes auf die ganze Unterlage, vermehrt alfo die Standfeftigkeit infolge Erhöhung

der Druckfeſtigkeit des Mauerkörpers; ferner wird durch die Verbindung der einzelnen Teile zu einem Ganzen die aus der Reibung reſultierende Standſicherheit weſentlich erhöht. Beſitzt der Mörtel außerdem die Eigenſchaft, ſelbſt eine dem verbundenen Bauteile entſprechende Feſtigkeit anzunehmen, ſo tritt er nicht bloß mittelbar, ſondern auch unmittelbar als Konſtruktionsmaterial auf.

Die zu Mörtel tauglichen Stoffe verhalten ſich verſchieden, je nachdem ihre Plaſtizität bloß zeitweilig andauert oder eine Folge ihrer natürlichen Weichheit iſt. Nur die erſteren ſind Bindemittel im wahren Sinne des Wortes, weil ſie ſich, ſo lange ſie plaſtiſch ſind, gegen die zu verbindenden Flächen wie benetzende und damit die Adhäſion derſelben vermehrende Flüſſigkeiten verhalten.

Als Bindemittel im eigentlichen Sinne ſind zu unterſcheiden:

1) Chemiſche Mörtel, welche in den feſten Zuſtand übergehen, unter Abgabe von Breiflüſſigkeit, aber auch unter chemiſcher Veränderung, indem ein Teil der zur Herſtellung der Breiform verwendeten Flüſſigkeit auch im feſten Zuſtande damit verbunden bleibt, entweder genau chemiſch gebunden oder bloß intramolekular als Kriſtall- oder Kolloidflüſſigkeit. Dieſe Art von Bindemitteln allein wird im gewöhnlichen Leben Mörtel (Mörtel im engeren Sinne) genannt, und es gehören dahin die Kalk-, Zement- und Gipsmörtel.

2) Mechaniſche Mörtel, welche den Übergang aus der halbflüſſigen in die feſte Aggregatform entweder durch Verluſt mechaniſch beigemengter Breiflüſſigkeit, durch Austrocknen oder durch Erſtarren aus dem Schmelzfluſſe durchmachen, ohne vorher und nachher zugleich chemiſche Veränderungen zu erleiden. Dahin gehören einerſeits Lehm- und Chamottemörtel, viele Kitte und Klebemörtel, andererſeits der Aſphalt- und Paraffinmörtel, der Schwefel und die Lote. Von dieſen Mörtelarten wird nicht weiter die Rede ſein, da ſie in den Rahmen der „wichtigeren Bauſtoffe“ kaum einbezogen werden können.

68. Bindemittel.

Die chemiſchen Mörtel werden nicht ſtrenge nach ihren Grundſtoffen, ſondern in erſter Linie nach ihrer Eignung zu verſchiedenen Verwendungszwecken und erſt in zweiter Linie nach ihrer chemiſch-phyſikaliſchen Verſchiedenheit eingeteilt und benannt. Man unterſcheidet bei den Mörtelarten:

I. Unſelbſtändig erhärtende:		II. Selbſtändig erhärtende:	
a) Nichthydrauliſche:	b) Schwachhydrauliſche:	a) Nichthydrauliſche:	b) Hydrauliſche:
1) Luftkalke.	2) Grau- oder Schwarzkalke.	10) Sorelzement.	3) Hydrauliſche Kalke.
		11) Gipſe.	4) Magneſiazement.
			5) Romanzement.
			6) Portlandzement.
			7) Puzzolanzement.
			8) Hydrauliſche Zuſchläge.
			9) Gemiſchte Zemente.

Hydrauliſche Mörtel haben die Eigenſchaft, unter Waſſer zu erhärten, während nichthydrauliſche ſich darin auflöſen. Den Kalk härtende Beſtandteile (Hydraulefaktoren) ſind: Kieſelſäure, Tonerde, Eiſenoxyd, Magneſia.

69. Luftkalke.

1) Luftkalke. Dieſe ſind Erzeugniſſe, welche durch Brennen von kohlenſauren Kalkſteinen gewonnen werden und die, mit Waſſer benetzt, ſich meiſt unter erheblicher Wärmeentwickelung und Raumvergrößerung zu Pulver löſchen. Reiner Kalk beſteht aus 56 Vomhundert Kalk und 44 Vomhundert Kohlenſäure. Lufttrockener Kalk verliert beim Brennen dieſe 44 Vomhundert, da er aber gewöhnlich grubenfeucht iſt, verliert er außerdem noch ſeinen Gehalt an Waſſer. Auch ſein Rauminhalt ſchwindet in den Grenzen von 12 bis 21 Vomhundert. Zu

ſcharf („tot“) gebrannter Kalk löſcht ſich ſpäter unvollkommen; bei etwas kieſelſäurehaltigem oder tonigem Material tritt auch eine unlöſchbare Sinterung ein. Nach örtlichen Verhältniſſen werden die Luftkalke in Stückform oder hydratiſiert, in Pulverform, in den Handel gebracht.

Alle gargebrannten kriſtalliniſch-körnigen, dichten oder poröſen Kalkſteine, die beim Löſchen unter erheblicher Wärmeentwickelung und unter Gedeihen in ein mehlig weiches Pulver (Kalkhydrat, Staubhydrat) zerfallen, liefern Luftkalk. Beim Löſchen geht der Ätzkalk zunächſt in pulverförmiges Kalkhydrat, bei weiterer Waſſerzufuhr in einen Brei über. Durch noch weiteren Waſſerzuſatz entſteht Kalkmilch, eine Emulſion von ſchwebendem Kalkhydrat in Kalkhydratlöſung.

70. Grau- oder Schwarzkalke. (Magere Kalke)

2) Schwachhydrauliſche, Grau- oder Schwarzkalke. Wärmeentwickelung und Gedeihen hängen mit dem Gehalt an Ätzkalk zuſammen; je unreiner ein Kalk iſt, deſto geringer die Wärmeentwickelung und das Gedeihen. Mit ſteigendem Gehalt an Ton, Sand uſw. wird eine Grenze erreicht, von der ab gebrannter Kalk ſich nicht mehr zu Pulver löſcht. Dieſe Grenze iſt erfahrungsgemäß die, wenn er im ungebrannten Zuſtande etwa 18 Vomhundert in Salzſäure unlösſiche Beſtandteile enthält, gleichmäßig feine Struktur vorausgeſetzt.

Die löſchbaren Kalke werden deshalb in fette und magere Kalke unterſchieden, die aber unmerklich ineinander übergeben. Der fetteſte Kalk aus dem reinſten dichten Kalkſtein vermehrt ſeinen Rauminhalt beim Löſchen auf das Drei- bis Vierfache. Wenn das Gedeihen nicht bis wenigſtens zum doppelten Rauminhalt geht, wird der Kalk mager genannt; der magerſte Kalk gedeiht noch mindeſtens ein Viertel. Magerer Kalk erhärtet unter denſelben Umſtänden raſcher und vollſtändiger wie der fette Kalk, und erlangt, insbeſondere wenn er aufgeſchloſſene Silikate in erheblicher Menge enthält, die Fähigkeit, unter Waſſer nicht mehr zu erweichen: er wird hydrauliſch. Deshalb bildet der magere Kalk auch den Übergang zu den hydrauliſchen Bindemitteln.

71. Hydrauliſche Kalke.

3) Hydrauliſche Kalke ſind Erzeugniſſe, welche durch Brennen von mehr oder weniger ton- (oder kieſelſäure-) haltigen Kalken (Kalkmergeln oder Kieſelkalken) gewonnen werden und, mit Waſſer genetzt, ſich ganz oder teilweiſe zu Pulver löſchen. Nach örtlichen Verhältniſſen werden dieſelben entweder in Stückform oder hydratiſiert in Mehlform in den Handel gebracht. Dies ſollte nicht mit ſolchen Kalken geſchehen, die beim Löſchen gröbere Stücke zurücklaſſen, weil dieſe durch geeignete Maſchinen zermahlen werden müſſen. Mit Waſſer angemacht erwärmt ſich der hydrauliſche Kalk nicht, bindet nur langſam, oft erſt nach 24 Stunden und mehr, ab und iſt bei wachſender Feſtigkeit ſowohl an der Luft wie unter Waſſer raumbeſtändig.

72. Magneſiakalk.

4) Magneſiakalk (Dolomitzement, Weißzement) iſt entweder ſchwach — bis zur Austreibung der Kohlenſäure der Magneſia und Umformung des kohlenſauren kriſtalliniſchen Kalkes in amorphen — gebrannter Dolomit, der ſodann, gemahlen und angemacht, langſam hydrauliſch erhärtet, oder bis zu völliger Ätzkalkbildung gebrannt. In dieſem Falle beſitzt er gelöſcht geringe hydrauliſche Eigenſchaft und dient als magerer Luftmörtel.

73. Romanzemente.

5) Romanzemente ſind Erzeugniſſe, welche aus tonreichen Kalkmergeln durch Brennen unterhalb der Sintergrenze gewonnen werden und bei Netzung mit Waſſer nicht löſchen, ſondern durch mechaniſche Zerkleinerung in Mehlform gebracht werden müſſen. Das Abbinden beginnt gewöhnlich ſchon wenige Minuten nach der Anfeuchtung mit Waſſer.

74. Portlandzemente.

6) Portlandzemente werden aus natürlichen Kalkmergeln oder künftlichen Mifchungen ton- oder kalkhaltiger Stoffe durch Brennen bis zur Sinterung und darauffolgender Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit hergeftellt und enthalten auf 1 Gewichtsteil Hydraulefaktoren 1,7 bis 2,2 Gewichtsteile Kalkerde. Zur Regelung technifch wichtiger Eigenfchaften ift ein Zufatz fremder Stoffe bis zu 2 Vomhundert des Gewichtes ohne Änderung des Namens zuläffig. Es gibt hiernach natürliche Portlandzemente, die durch Brennen geeigneter Kalkmergel erzeugt, und künftliche, welche aus verfchiedenen Rohmaterialien künftlich gemifcht werden. Die Portlandzemente find langfam oder fchnell bindend.

75. Puzzolan- und gemifchte Zemente.

7) Puzzolanzemente werden durch innigfte Mifchung pulverförmiger Kalkhydrate mit ftaubfein zerkleinerten hydraulifchen Zufchlägen gewonnen. Es find hauptfächlich Schlackenzemente, die nur unter Waffer zu gebrauchen find. An der Luft werden fie ftark fchwindriffig und verlieren an Kraft.

76. Hydraulifche Zufchläge.

8) Hydraulifche Zufchläge find natürliche oder künftliche Stoffe, welche im allgemeinen nicht felbftändig, fondern in Verbindung mit Ätzkalk hydraulifch erhärten, z. B. Puzzolanerde, Santorinerde, aus geeignetem vulkanifchem Tuff (Traßftein) erzeugter Traß, Hohofenfchlacken, gebrannte Tone ufw.

9) Gemifchte Zemente find Stoffe, welche durch Vermahlung von Portlandklinkern oder innigfte Mifchung fertiger Zemente mit geeigneten Zufchlägen angefertigt werden. Derartige Bindemittel find nach dem Grundftoff und der Angabe des Zufchlages ausdrücklich als „gemifchte Zemente" zu benennen. Diefe follen für befondere Zwecke, alfo zur Steigerung der Gefchmeidigkeit, der Adhäfion, der Wafferundurchdringlichkeit ufw. dienen.

77. *Sorel*'fcher Zement.

10) *Sorel*'fcher Zement (Magnefiazement). Aus gebranntem amorphem Magnefit mittels Chlormagnefiumlöfung zu Mörtel angemacht, übertrifft er fämtliche Bindemittel an Kittkraft, befitzt aber keine hydraulifchen Eigenfchaften. Der ebenfalls von *Sorel* ftammende Zinkzement (*Cement métallique*), eine Mifchung von Zinkoxyd mit Zinkchlorid, befitzt ähnliche Eigenfchaften.

78. Gips.

11) Gips. Je nachdem der Gips fchwächer oder ftärker gebrannt wird oder Beimengungen erhält, die ihm beftimmte Eigenfchaften verleihen, entfteht:

α) Gewöhnlicher Gips, der bei fchwachem Brennen von 120 bis 180 Grad entwäffert ift, ohne alles Waffer abgegeben zu haben; er bindet als Pulver mit Waffer rafch ab und befitzt keine hydraulifchen Eigenfchaften.

β) Hydraulifcher Gips, bei beginnender Rotglut gebrannt, langfam mit wenig Waffer bindend, hydraulifch erhärtend.

γ) Alaungips (*Keene*'s Zement), Material für Marezzo-Kunftmarmor, rein weißer Gips, mit Alaunlöfung nach dem Brennen getränkt, nochmals bei Rotglut gebrannt und das Pulver mit Alaunlöfung angemacht.

δ) Boraxgips (Parianzement), ähnlich wie *Keene*'s Zement, aber aus in Borax getränktem und wieder gebranntem Gips; beide find langfam bindend, hydraulifch und politurfähig erhärtend.

ε) *Scott*'s Zement (*Selenitic mortar*) ift nichts weiter als Kalk, dem beim Löfchen einige Prozente Gips zugefetzt werden; dadurch wird eine überfättigte Gipslöfung erzielt, welche das Zerquellen des Kalkes zu Gelatine verhindert und hydraulifche Erhärtung bewirkt.

79. Sand.

Bei den meiften Mörtelarten fpielt der Sand als Füllftoff und ftarres Skelett für die weichen verkittenden Bindemittel nicht bloß der Menge nach eine hervorragende Rolle, fondern die Güte des Mörtels überhaupt ift ebenfo eine Funktion des Sandes, wie des Bindemittels. Sand ift ein lofes Haufwerk von Mineral-

trümmern, welche bei sehr verschiedener Korngröße von höchstens etwa 3mm bis 0,1mm auch sehr verschiedene Form an sich und sehr verschiedene Gestalt der umgrenzenden Flächen aufweisen.

Da die Natur der den Sand bildenden Gesteine auch auf diesen selbst übergeht und außerdem die Art der Entstehung von Sandablagerungen durch Wasserbeförderung auf seine Beschaffenheit einwirkt, so sind die Sande schon deshalb bezüglich ihrer Eigenfestigkeit, Spaltbarkeit und Adhäsionsfähigkeit, sowie Menge und Größe der Zwischenräume sehr verschiedenartig.

Am besten eignet sich zur Mörtelherstellung der auch am meisten in der Natur verbreitete Quarzsand, welchen die Flüsse herbeiführen und der auch als das Erzeugnis älterer Anschwemmungen sich in mächtigen Ablagerungen vorfindet; nächst diesem Dolomit- und Kalksand aus kristallinischen Dolomiten und Kalken, weniger durch Transport als durch Zerfrieren entstanden. Minder geeignet sind die leicht spaltenden blätterigen Sande aus Hornblende- und Glimmergesteinen. Auch andere mineralische Stoffe können als Mauersand verwendet werden, insbesondere vulkanische kleinkörnige Erzeugnisse, z. B. der Bimssteinsand der Eifel.

Einen vorzüglichen Sand geben ferner granulierte oder zerstampfte Hohofenschlacken, ebenso Ziegelmehl aus hartgebrannten Backsteinen. Letztere Sande, welche aus durch Glut aufgeschlossenen Silikaten bestehen, geben dem Bindemittel, auch dem Luftkalk, hydraulische Eigenschaften und werden später als hydraulische Zuschläge behandelt.

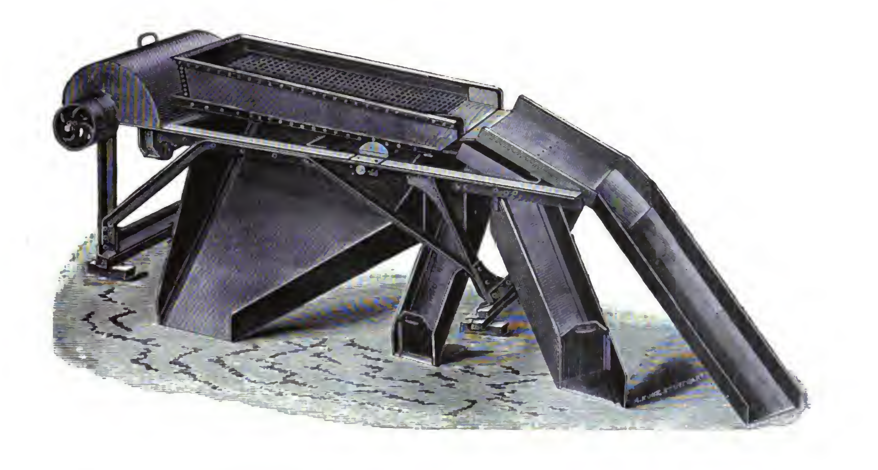
Die wichtigsten Erfordernisse für guten Sand sind nicht zu kleines, am besten gemischtes rundes Korn mit möglichst rauher Oberfläche, daher engster Lagerung fähig; in Ermangelung dessen ein scharfkantiger Grubensand mit gleichfalls rauher Oberfläche, ferner ungehinderte Benetzbarkeit durch das Bindemittel und unzersetzte Beschaffenheit der Sandkörner selbst. Schlamm, Ton, Staub verhindern das unmittelbare Anlagern und Benetzen durch das Bindemittel, ebenso manchmal erdöl- und asphaltartige Durchtränkung des Sandes oder Gehalt an Torf und Humus. Durch unreinen Sand kann die Wirkung der vorzüglichsten Bindemittel vollständig vernichtet, dagegen durch gereinigten Sand eine mehrfach höhere Festigkeit bei dem gleichen Bindemittel erzielt werden.

Ist nur Sand von sehr ungleichmäßigem Korn zu beschaffen, so muß er gesiebt werden, was besonders auch bei dem zur Betonbereitung gebrauchten Kleinschlag nötig wird. Hierzu eignen sich die Kies- und Sandsiebmaschinen, welche einmal als wagrechtliegende, rotierende, konische oder zylindrische Siebtrommeln ausgebildet sein können, wobei nur die Aussonderung einer Korngröße möglich ist, oder, wie Fig. 18 erläutert, in einem Kasten von starkem Eisenblech bestehen, in welchem oben ein starkes Sieb von Flacheisen, dann ein gröberes Drahtgitter für Kies und unter demselben ein feineres Drahtsieb für Sand gelegen ist. Diese Siebe können nach Bedürfnis ausgewechselt werden.

Der Siebkasten wird von zwei starken Stahlfedern getragen und durch Hand- und Maschinenbetrieb in hin- und hergehende Bewegung versetzt, nachdem das zu sortierende Material oben aufgeschüttet ist. Das Getriebe ist in der Abbildung durch einen halbzylinderförmigen Blechkasten gegen Staub und Regen geschützt. Das grobe Material, welches nicht durch das obere Sieb durchfällt, wird durch die oberste Auslaufgosse ganz nach vorn abgeführt; der durchgesiebte Kies fällt aus der darunterliegenden Auslaufgosse in einen untergestellten Karren; der Sand, der durch das tiefergelegene, dritte Sieb durchfällt, läuft dagegen durch die in der Mitte des Gestells angebrachten zwei Gossen ab. Leistung bei Handbetrieb 25 bis 50 cbm, bei Maschinenbetrieb 250 bis 300 cbm im Tage.

Für alle wichtigeren Arbeiten, insbesondere bei Betonbauten und Konstruktionen in *Monier*-System, ist gewaschener Sand, der von allen anhaftenden

Fig. 18.



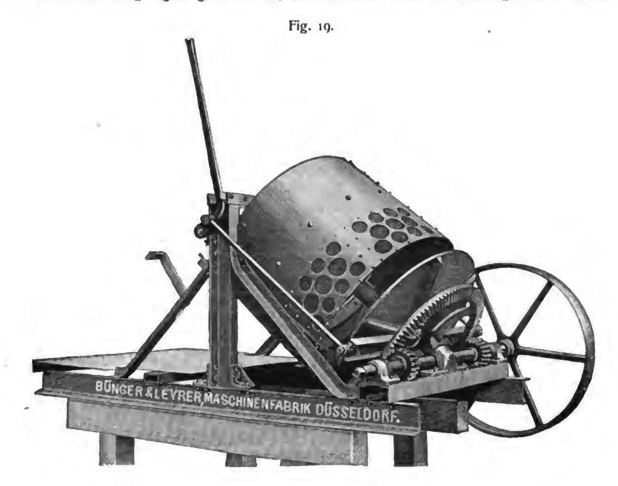
Kiesſieb- und Sortiermaſchine der Düſſeldorfer Baumaſchinenfabrik von *Bünger & Leyrer.*

tonigen und schlammigen Teilen befreit ist, anzuwenden, wenn nicht reiner Flußsand zur Verfügung steht.

Bei solchen wichtigeren Arbeiten bedient man sich am besten einer Sandwaschmaschine, wie sie in Fig. 19 dargestellt ist.

Diese besteht aus einer unter 45 Grad geneigten, oben offenen Blechtrommel von 750 mm Durchmesser, die um ihre Achse drehbar ist. Der Boden der Trommel ist auf der Achse verschiebbar und kann mittels eines Hebels geschlossen oder geöffnet werden. Ringsum sind in der Trommel runde Öffnungen angebracht, welche mit feingelochten Blechen überdeckt sind, durch welche das schmutzige Wasser abfließt. Das Winkelgetriebe unterhalb der Trommel bewirkt ihre drehende Bewegung; der Antrieb kann durch Riemen oder durch Handkurbeln erfolgen. Die Wasserzufuhr geschieht am besten durch eine mit einem Hahn absperrbare Rohr- oder Schlauchleitung. Sobald der Kies oder Sand genügend gewaschen ist, wird ein Schiebkarren oder Rollwagen unter die Ma-

Fig. 19.



Kies- und Sandwaschmaschine der Düsseldorfer Baumaschinenfabrik von *Bünger & Leyrer.*

schine geschoben, der Hahn der Wasserleitung geschlossen und mittels des Hebels der Boden der Trommel geöffnet, worauf das gewaschene Material in das Beförderungsmittel herabfällt. An der Maschine ist noch eine Schüttrinne angebracht, welche in nach rückwärts geneigter Lage dem Abfluß des schmutzigen Wassers dient und beim Entleeren der Maschinen nach vorwärts gekippt wird. Die Füllung der Trommel beträgt 70 bis 100 l; demnach können in der Stunde 2 bis 4 cbm Sand oder 3 bis 5 cbm Kies gewaschen werden. Der Wasserverbrauch ist von der größeren oder geringeren Verunreinigung des zu waschenden Materials abhängig, beläuft sich aber auf durchschnittlich 50 l in der Minute [65]).

Wie wichtig die verschiedene Beschaffenheit des Sandes bezüglich der Festigkeitsverhältnisse ist, erhellt aus folgenden Versuchen mit 6 verschiedenen Bausanden.

[65]) Andere Maschinen für ähnliche Betriebe siehe im Katalog Nr. 16 der oben angegebenen Maschinenfabrik.

Die Zahlen bedeuten die Zugfestigkeiten einer Mischung von 1 Gewichtsteil desselben Portlandzements mit 3 Gewichtsteilen verschiedenen Sandes nach 28tägiger Erhärtung (in Kilogr. für 1^{qcm}):

feiner Grubensand . . .	5,1	Flußsand II, fein . . .	11,7
Flußsand I, fein	11,6	Flußsand III, fein . . .	14,5
derselbe, grob	20,2	derselbe, grob	21,1
Normalsand . . .	20,9.		

80. Normalsand.

Da also nachgewiesenermaßen dasselbe Bindemittel ganz bedeutend verschiedene Festigkeiten aufweisen kann, je nach der Beschaffenheit des Sandes, so ist für alle vergleichenden Qualitätsprüfungen von Bindemitteln ein einheitlicher, stets gleichbleibender Sand als Prüfungsmittel notwendig. Dies ist der vom Verein deutscher Portland-Zement-Fabrikanten festgesetzte und von allen Staaten seither angenommene Normalsand.

Dieser Normalsand wird dadurch gewonnen, daß man möglichst reinen Quarzsand wäscht, trocknet, durch ein Sieb von 60 Maschen auf 1^{qcm} siebt, dadurch die gröbsten Teile ausscheidet und aus dem so erhaltenen Sand mittels eines Siebes von 120 Maschen auf 1^{qcm} noch die feinsten Teile entfernt. Die Drahtstärke der Siebe soll $0{,}38^{mm}$, bezw. $0{,}32^{mm}$ betragen.

Da sich herausgestellt hat, daß trotzdem nicht alle Quarzsande bei gleicher Behandlungsweise die gleiche Festigkeit ergeben, so wird jetzt allgemein der unter der Kontrolle des Vorstandes des deutschen Zement-Fabrikanten-Vereins stehende Freienwalder Normalsand benutzt, der vom Laboratorium der „Tonindustrie-Zeitung" in Berlin bezogen wird.

81. Gewicht des Sandes.

Das Eigengewicht von Sand ist nicht unwesentlich verschieden, selbst bei einem und demselben Sande. Denn Sand ist stets nur mit Hohlräumen schichtbar, und da bei jedem Messen, je nach Größe und Höhe der Gefäße und nach der Art des Einfüllens und Zusammenrüttelns, das Aneinanderlagern der Sandkörner und damit die Summe der Hohlräume sich ändert, so ist eine Ungenauigkeit des Messens nicht zu vermeiden. Um diese Ungenauigkeiten auf ein praktisch nicht mehr störendes Maß zurückzubringen, schlägt *Stahl* die Einführung von Annahmen von Eigengewichten für jeden Sand vor, welche durch Versuche bestimmt werden sollen. Für Normalsand schlägt er die Annahme von 1500^{g} für 1^{l} vor, und zwar in lose eingefülltem Zustande.

82. Schwinden des Sandes.

Da sich aber auch beim noch so fest eingerüttelten oder eingestampften Sand die Hohlräume nur auf ein Mindestmaß herabdrücken lassen, niemals aber ganz verschwinden können, so ist das Maß des Sandes im eingerüttelten Zustande, wenn davon die noch bleibenden Hohlräume abgezogen werden, auch der wirkliche physikalische Rauminhalt. Normalsand besitzt ein Einheitsgewicht von 2,65; demnach ist sein physikalischer Rauminhalt, auf loses Litergewicht gleich 1,5 bezogen,

$$V = \frac{P}{S} = \frac{1{,}5}{2{,}65} = 0{,}56\,,$$

d. h. in 1^{l} lose eingefüllten Sandes von $1{,}5^{kg}$ Gewicht befinden sich 56 Vomhundert oder 560^{cbcm} feste Masse. Wird dagegen dieselbe Menge Sand festgerüttelt, so mißt sie nur mehr 900^{cbcm}. Diese 900^{cbcm} enthalten demnach 560^{cbcm} feste Masse und 340^{cbcm} Hohlräume oder, in Prozenten ausgedrückt, 37,5 Vomhundert, während loser Sand demnach 44 Vomhundert Hohlräume enthält. Der Normalsand s c h w i n d e t daher um 10 Vomhundert. Es gibt aber Sande, die über 20 Vomhundert schwinden. Da bei allen Sanden, wegen ihrer so sehr großen Verschiedenheit in Korngröße und Form, die Schwindungsgröße und die Mindestsumme der Hohlräume außerordentlich verschieden sind und die Mörtelausgiebig-

keit ſich als das Maß darſtellt, welches eine Miſchung gibt, die aus Sand, Bindemittel und dem abſorbierten Anmachewaſſer nach dem Eintritt der Erhärtung übrig bleibt, ſo iſt die Wichtigkeit des Sandes für die Mörtelausgiebigkeit erwieſen.

83. Mörtelausgiebigkeit.

In den meiſten Fällen macht der Sand den vorwiegenden Beſtandteil des Mörtels aus, und beim ſog. Normalmörtel, in dem eben ſämtliche Zwiſchenräume des Sandes durch die Miſchung aus Bindemittel und Anmachewaſſer ausgefüllt werden, die Geſamtmörtelmaſſe die dichteſte Lagerung hat und damit den kleinſten Rauminhalt einnimmt, beträgt die Maſſe des Sandes ſchon über 60 Vomhundert, während ſie bei mageren Mörteln bis 90 Vomhundert und darüber ſteigt[66]). Daher iſt es leicht erklärlich, daß die Beſchaffenheit des Sandes von viel größerem Einfluß auf die Mörtelausgiebigkeit iſt als die Beſchaffenheit des Bindemittels.

Ein ſchlagender Beweis hierfür wird durch *Hauenſchild*'s Verſuche erbracht. Die Ausgiebigkeiten verſchiedener Bindemittel mit Zuſatz von verſchiedenen Sandſorten nach Rauminhalt ergaben ſich wie folgt.

Dabei iſt der verſchieden körnige und verſchieden dicht lagernde Sand mit *a*, *b*, *c* bezeichnet, und die Litergewichte ſind im loſe eingefüllten Zuſtand angenommen.

				Maßteile: Bindemittel zu Sand: 1 : 0	1 : 3 *a*	1 : 3 *b*	1 : 3 *c*
Chaux du Theil	1 l = 700 g	gibt	Mörtel:	700	3000	2950	2880
Romanzement A	1 l = 800 g	„	„	730	3000	2950	2900
Romanzement B	1 l = 850 g	„	„	750	2950	3000	2900
Romanzement C	1 l = 900 g	„	„	750	2950	3000	2900
Portlandzement A	1 l = 1200 g	„	„	830	3000	3100	2930
Portlandzement B	1 l = 1300 g	„	„	860	3050	3100	2930
Portlandzement C	1 l = 1400 g	„	„	880	3050	3120	2950
				Kub.-Centimeter.			

1 l *Chaux du Theil* von 700 g Gewicht gibt alſo z. B. mit 3 l Sand *a* 3000 cbcm, während 1 l Portlandzement C vom doppelten Gewicht 1400 g, mit 3 l Sand *c* nur 2950 cbcm ausgibt.

84. Beſtimmung der Hohlräume.

Nach dem Rauminhalt loſe eingefüllt, ſind infolge der Verſchiedenheit der Sande unter Umſtänden leichte Bindemittel ausgiebiger als eine Miſchung mit ſtärker ſchwindendem Sand, die bei ſonſt gleichen Raumverhältniſſen das doppelte Gewicht an einem ſchweren Bindemittel enthält.

Die Beſtimmung der Hohlräume eines pulverförmigen Stoffes iſt wegen der Notwendigkeit und Schwierigkeit der Herſtellung der dichteſten Lagerung und der Ausfüllung ſämtlicher Mindeſthohlräume nicht ganz leicht. Zu verwerfen iſt das Verfahren, auf eine gemeſſene Menge Sand ſo lange Waſſer zu gießen, bis die Oberfläche ſatt naß iſt.

Am beſten gelingt Übereinſtimmung in den Ergebniſſen, wenn zu einer in einem möglichſt weiten, nach oben ſich verengenden und graduierten Gefäße befindlichen Menge Sand, der feſt gerüttelt iſt, von unten aus einer graduierten, durch Kautſchukſchlauch verbundenen Röhre ſo lange Waſſer zugeführt wird, bis der Sand durchnetzt, von Luftblaſen frei und völlig dicht gelagert iſt. Dies geſchieht mit dem *Hauenſchild*'ſchen Pſammometer, wozu auch übrigens das ſpäter zu erwähnende Volumenometer von *Schumann* dienen kann, wenn man eine vorher auf dichteſte Lagerung gebrachte gemeſſene Menge Sand in das im Gefäße befindliche Waſſer ſchüttet und dann aus dem phyſikaliſchen Rauminhalt die Hohlräume beſtimmt.

[66]) Siehe: HAUENSCHILD. Neue Aufgaben für künftige Conferenzen. Thonind.-Ztg. 1891, S. 908.

85. Mörteltheorie.

Die Wirkſamkeit der einzelnen Mörtelgrundſtoffe beruht auf ihrer Verkittungs- und Erhärtungsfähigkeit. Die Verkittungsfähigkeit iſt eine Eigenſchaft, die nur ſolchen Stoffen innewohnt, welche einen Zwiſchenzuſtand zwiſchen Flüſſig und Feſt annehmen können und, in dieſem Zuſtand die zu verkittenden Flächen benetzend, raſcher oder langſamer in den feſten Zuſtand übergehen. Dieſer Zuſtand kommt nur amorphen Körpern zu und wird als kolloidaler, leimartiger Zuſtand bezeichnet. Tatſächlich werden alle Mörtelgrundſtoffe durch das Brennen in den amorphen Zuſtand übergeführt und gehen durch Einwirkung von Waſſer oder anderen Flüſſigkeiten geeigneter Natur in halbweichen, teigigen Zuſtand über. Zwiſchen Flüſſigkeiten und feſten Körpern findet anfangs eine ſcheinbare Adhäſion ſtatt, die ſich dann in wirkliche Adhäſion entwickelt.

Das *Stefan*'ſche Geſetz der ſcheinbaren Adhäſion lautet: Zwei einander nahe gebrachte benetzte Flächen haften mit einer Kraft dynamiſch aneinander, welche der zur Trennung nötigen Zeit t umgekehrt proportional iſt; t wächſt im quadratiſchen Verhältnis, wenn die Entfernung a der Flächen in einfachem Verhältnis abnimmt; ferner iſt die Zeit t proportional der 4. Potenz der Flächenhalbmeſſer und einfach proportional dem Zähigkeitskoeffizienten μ der benetzenden Flüſſigkeit und entſpricht nahezu der Formel

$$t = \frac{3 \pi r^4 \mu}{4 G a^2} .$$

Der Zähigkeitskoeffizient iſt am größten bei amorphen Löſungen oder echten Kolloiden und bei überſättigten Löſungen von kriſtalliſierbaren Verbindungen. Bei den Zwiſchenzuſtänden zwiſchen Löſung und ſtarrem Zuſtand iſt der Zähigkeitskoeffizient, d. h. die Zeit, in welcher unter gleichem Drucke gleiche Rauminhalte der Flüſſigkeit durch eine Kapillarröhre ſtrömen, ſchon unmeßbar und wird unendlich groß durch den Übergang in den ſtarren Zuſtand und damit auch die Haftzeit, oder die dynamiſche Adhäſion geht in die ſtatiſche Adhäſion oder in die Kohäſion über. Solange dieſer Zwiſchenzuſtand dauert, folgt jedes Bindemittel und jeder Kittſtoff dem *Stefan*'ſchen Geſetze, und tatſächlich kann während der Plaſtizitätsdauer jede beliebige Kraft in entſprechender Zeit den Zuſammenhang aufheben. Das Eindringen der *Vicat*'ſchen Nadel, von der ſpäter die Rede ſein wird, dient ſogar zur Feſtſtellung des noch vorhandenen plaſtiſchen Zuſtandes; das Abfallen des Mörtels von lotrechten Wänden, das Zerfallen von Mörtelproben unter Waſſer ſind Beweiſe dafür. Dagegen bewirkt das Benetzen der einzelnen Teilchen des Bindemittels mehr oder weniger weitgehendes Quellen der Oberflächen; die kolloidal anquellenden Maſſen nähern ſich; ſie ziehen ſich endlich molekular an unter Verminderung der Zwiſchenräume und Verdrängung des Quellungsmittels. Das Quellungsmittel ſelbſt löſt teilweiſe aus den Kolloiden kriſtalliſierbare Stoffe und bildet zwiſchen den ſchwammartig aneinander gequollenen Teilchen überſättigte Löſungen, die entweder allmählich oder in beſtimmbarer Zeit zu kriſtalliſieren beginnen. Damit iſt der Übergang in den ſtarren Zuſtand gegeben, und der Beginn ſtabiler Lagerung, das, was man das Geſtehen kolloidaler teigartiger Maſſe oder den Erhärtungsbeginn nennt, eingeleitet. Alles, was Annäherung der Maſſenteilchen befördert: Druck, Temperaturerhöhung, Verminderung der Zwiſchenflüſſigkeit durch Abſaugen oder Verdunſten — befördert, bezw. beſchleunigt das Starrwerden, das Abbinden. Trifft mit dem Abbinden auch gleichzeitig der Beginn der Kriſtalliſation aus überſättigter Löſung zuſammen, ſo ſind Abbinden und Erhärtungsbeginn gleichbedeutend. Alles, was die Annäherung der Maſſenteilchen verhindert: Übermaß des Quellungswaſſers oder Übermaß des Quellens, Zerſchlämmen durch Bewegung der überſchüſſigen Zwiſchenflüſſigkeit — verhindert oder verzögert das Abbinden.

Daraus erklärt ſich ſchon genügend die verſchiedenartige Wirkſamkeit der verſchiedenen Arten von Bindemitteln und die Rolle, welche der Sand hierbei ſpielt, wenn man noch berückſichtigt, daß in Kapillarräumen eingeſchloſſene Mengen von überſättigter Flüſſigkeit ſehr lange in dieſem Zuſtande verharren können und daß in kolloidal angequollenen amorphen Körpern die Moleküle labil gelagert ſind und die Möglichkeit der Kriſtalliſation nur in der, wenn auch geringen Beweglichkeit und Umlagerungsfähigkeit derſelben gegeben iſt.

Bei den einzelnen Bindemitteln ſoll auf die Kolloid- oder Verkittungstheorie, als für alle Mörtelſtoffe geltend, zurückgekommen werden. Dieſe phyſikaliſche Erklärungsweiſe der Mörtelwirkſamkeit wurde zuerſt von *Hauenſchild* aufgeſtellt, von *Stahl*, *Knapp*, *Erdmenger*, *Merceron-Vicat*, *Zulkowski* uſw. erweitert und gegen die einſeitig chemiſche Anſchauungsweiſe vertreten.

Es geht aus der *Stefan*'ſchen Formel ohne weiteres hervor, daß derjenige Mörtel am wirkſamſten ſein muß, bei dem die zu verkittenden Flächen am meiſten genähert und benetzt ſind und die Maſſe der verkittenden Subſtanz gegen die verkittete am geringſten iſt. Andererſeits beſteht jeder Mörtel aus einer Summe von feſten und halbflüſſigen Maſſenteilchen, auch wenn ihm kein Füllſtoff beigemengt iſt, und da nach *Pfaundler* der Zähigkeitskoeffizient mit dem Überwiegen der feſten Teilchen gegen die flüſſigen wächſt, ſo muß nach dem Abbinden derjenige Mörtelſtoff am günſtigſten wirken:

α) welcher entweder die kleinſte Fuge überhaupt ausfüllt, vorausgeſetzt, daß beide Fugenflächen vollkommen benetzt ſind; oder

β) welcher bei Verwendung von Füllſtoff zwiſchen den Fugenflächen, ſie allſeitig verbindend, die geringſte Maſſe ausmacht, ſelbſt am feinkörnigſten iſt;

γ) welcher mit der geringſten Maſſe von Quellungsflüſſigkeit noch verkittungsfähig iſt;

δ) welcher an ſich und mit dem Füllſtoff die größte Feſtigkeit erlangt.

Nach dieſen Grundſätzen muß ſich die Mörteltechnik richten und für die verſchiedenen Zwecke entſprechende Auswahl treffen.

b) Mörtel aus Luftkalk.

86. Verſchiedenheit.

Je nachdem der Luftmörtel als konſtruktiver Mörtel (Mauermörtel) oder als ſchützender und ſchmückender Überzug (Putzmörtel) verwendet wird und je nach der Ausnutzung ſeiner Adhäſions- oder ſeiner Feſtigkeitseigenſchaften, ſind Bereitung und Gebrauch desſelben verſchieden.

Die Wirkſamkeit des Luftkalkmörtels beruht auf der Fähigkeit des gebrannten Kalkes, beim Zuſammenbringen mit Waſſer unter Wärmeentwickelung Kalkhydrat von verſchiedener Beſchaffenheit zu bilden, das verkittend auf den zugeſetzten Sand und die zu verbindenden oder zu verdeckenden Bauteile wirkt und unter Aufnahme von Kohlenſäure von außen nach innen erhärtet. Je nach der Menge Waſſer, welche dem gebrannten Kalk beim Löſchen zugeführt wird, treten folgende Stadien ein:

87. Staubhydrat.

1) Staubhydrat. Wird Ätzkalk mit nur ſoviel Waſſer in Berührung gebracht, als zur Hydratbildung erforderlich iſt, ſo bildet ſich unter Erhitzung bis über 150 Grad und Zerberſten und Aufquellen feinſter Staubkalk. Derſelbe enthält theoretiſch 24,76 Vomhundert Waſſer; in Wirklichkeit ſchwankt der Waſſergehalt zwiſchen 20 bis 23 Vomhundert, da ſelten ganz reiner Ätzkalk vorliegt. Das Staubhydrat beſitzt ein phyſikaliſches Einheitsgewicht von 2,078; 1 l loſe ein-

gefüllt wiegt dagegen nur 0,55 bis 0,60 kg, bildet daher ein äußerst loses Pulver, das nur 0,45 kg Ätzkalk enthält. Da das physikalische Einheitsgewicht des Ätzkalkes sich auf 2,80 beläuft, so beträgt die Ausgiebigkeit einer Gewichtseinheit Ätzkalk bei Verwandelung in loses Staubhydrat das 4,66-fache. Wird dagegen das Gewicht einer Raumeinheit Ätzstückkalk zu Grunde gelegt — also samt den Poren, aber ohne Zwischenräume — so beträgt die Ausgiebigkeit, da selbst dichter Ätzkalk noch gegen 50 Vomhundert Porenräume besitzt, für Staubhydrat noch das 2,5-fache. Wird jedoch das ganz schwankende, mit den Zwischenräumen der Stücke gemessene Hektolitergewicht in Betracht gezogen, so gibt 1 hl Stückkalk mit 40 Vomhundert Zwischenräumen nur 1,5 hl Staubhydrat.

Aus den verschiedenen Ausgangspunkten erklären sich demnach die so sehr verworrenen Angaben über Ausgiebigkeiten, und es war ein dringendes Bedürfnis, hierin Einheit zu schaffen. Der Ziegler- und Kalkbrennerverein in Berlin hatte 1882 eine Kommission, bestehend aus *Michaëlis*, *Hauenschild* und *Tetmajer* eingesetzt, um über einheitliche Methoden der Qualitätsbestimmung von Luftkalk Vorschläge zu machen. Diese Vorschläge folgen weiter unten.

Staubhydrat liefert, da es die geringste Wassermenge enthält und daher nach *Wolters* für die Aufnahme von Kohlensäure und für die Erhärtung am günstigsten sich verhält, auch stets stärkere Mörtel als Kalkbrei, und hat namentlich auch den Vorzug, während des Mischens mit Sand, wobei nur mehr ein Wasserzusatz von 11 bis 12 Vomhundert nötig ist, schon die dichteste Lagerung anzunehmen, zu schwinden, so daß auch bei fetterem Mörtel die Schwindrisse, die sonst Luftkalkmörtel leicht bekommt, vermieden werden. Der geringere Wassergehalt bewirkt selbstverständlich auch rascheres Austrocknen der Mauern.

Michaëlis fand für 1 Gewichtsteil Staubhydrat zu 6 Gewichtsteilen Sand die Zugfestigkeit nach 4 Wochen zu 4,5 kg und nach 8 Wochen zu 6,95 kg für 1 qcm.

88. Kalkbrei.

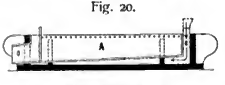
2) Kalkbrei. Wird dem gebrannten Kalk soviel Wasser zugeführt, daß daraus ein Teig entsteht, der, ohne oberflächlich Wasser abzusondern, eine mehr oder weniger steife Gallerte darstellt, die eine gesättigte Lösung von Kalkwasser in sich birgt, so entsteht Kalkbrei.

Kalkbrei ist der Ausdruck kolloidaler Quellung bis zur Grenze der Verflüssigung, und je mehr Quellungswasser ein gebrannter Kalk bis zu einer bestimmten Konsistenz aufzunehmen vermag, desto größer ist der Rauminhalt Kalkbrei aus einer einheitlichen Menge gebrannten Kalkes. Die Menge Wasser, die ein Kalk aufzunehmen imstande ist, hängt zunächst von seiner Reinheit, also von seinem Gehalt an Ätzkalk, dann aber auch von der Art des Löschens ab. Der Gehalt an Ätzkalk wird nicht bloß durch die Reinheit des Rohsteines, sondern auch durch die Art des Brennens und die Art und Zeit der Aufbewahrung nach dem Brennen beeinflußt. Das Löschen gelingt am vollkommensten und raschesten, wenn dabei eine möglichst hohe Temperatur herrscht, wenn man entweder mit heißem Wasser löscht oder die Menge Löschwasser nicht auf einmal zugibt, sondern zuerst etwa gleiche Gewichtsteile gebrannten Kalk und Wasser zusammenbringt und, sobald der Hydratisierungsvorgang unter energischer Erhitzung eingeleitet ist, die Stücke bersten und Dampf ausstoßen, unter stetem Umrühren den übrigen Teil des Wassers zugibt, das sich dadurch ebenfalls bis zur Siedehitze erwärmt und schließlich einen dünnen Brei gibt, der in die Kalkgruben oder Sümpfe abgelassen wird. Man benötigt in der Regel zum Löschen von 1 Gewichtseinheit gebranntem Kalk 3 bis 4 Teile Wasser.

Den Vorteil des Löfchens mit heißem Waffer bietet in einfacher Weife die Patentlöfchbank von *Hilke* in Freienwalde (Fig. 20).

In einem hölzernen Kaften ift ein auf eifernen Stützen ftehender eiferner Trog *A* derart befeftigt, daß der zwifchen ihnen bleibende Raum oben wafferdicht abgefchloffen ift. Das zum Löfchen beftimmte Waffer wird durch den Kanal *e* unter den eifernen Kaften geleitet, durch die Hitze des fich löfchenden Kalkes vorgewärmt, fteigt an den Seitenwandungen auf und riefelt durch kleine Löcher nahe dem oberen Rand des eifernen Kaftens in denfelben, um den dort befindlichen Kalk gleichmäßig und rafch zu löfchen. Durch den mit Schieber verfehenen Abzug *o* wird der Kalkbrei entleert.

Fig. 20.



Patent-Löfchbank von *Hilke* in Freienwalde.

Das Einfumpfen in Gruben ift ftets zu empfehlen, da häufig fich träge löfchende, fandige Teile beim frifchgelöfchten Kalk finden, die erft in der Grube nachquellen, während fie dies bei fofortiger Verwendung im fertigen Mörtel tun und dadurch Treiben und Zerftörungserfcheinungen hervorrufen können.

Außerdem verfickern in den durchläffigen Gruben die gelöften Alkalifalze, welche fonft zu Ausblühungen und näffenden Stellen an Putzflächen führen können. Für Putzmörtel wird daher hauptfächlich möglichft lange gefumpfter Kalk verwendet.

Da häufig der Kalk nach feiner Ausgiebigkeit als Kalkbrei bezahlt wird, fo ift eine Normaldichtigkeit des Breies feftzufetzen nötig. Die oben erwähnte Kommiffion hat auf Vorfchlag *Tetmajer*'s befchloffen, diejenige Steifheit als Normaldichtigkeit anzuerkennen, die bei eben eingetretener Rißbildung des Rüdersdorfer Kalkbreies einen nach dem Grundgedanken der *Vicat*'fchen Nadel wirkenden Pifton mit 2 kg Belaftung 25 mm tief eindringen läßt.

Aus den gemeinfamen Unterfuchungen ergab fich:

„α) Der Dichtigkeitsgrad eines Luftkalkbreies ift keine unmittelbare Funktion feines Waffergehaltes. Es fcheint, daß der Dichtigkeitsgrad bei gleichem Waffergehalt mit der Lagerung des Stückkalkes an der Luft, fowie mit dem Gehalt an Magerungsbeftandteilen abnimmt.

β) Mittel, die das Aufgehen des Stückkalkes befördern, fcheinen die Steifigkeit des Breies, bei gleichen Waffermengen, zu erhöhen.

γ) Es ift zu wünfchen, daß zur Erhebung der Feftigkeitsverhältniffe von Luftkalkmörtel von dem Gebrauch, eine beftimmte Zahl Gewichtseinheit Sand pro Gewichtseinheit Kalkbrei zu verwenden, abgegangen und dafür die Mörtelmifchung aus einer Anzahl von Gewichtsteilen Sand pro Einheit der im Kalkbrei von Normaldichtigkeit enthaltenen feften Maffe hergeftellt werde."

Bezüglich des Löfchens des zu prüfenden Kalkes wurde vereinbart, daß 10 kg Kalk mit 24 kg heißem Waffer gelöfcht werden follen, und es werden für die Feftigkeitsproben im Kalkbrei 3 Gewichtsteile Sand auf 1 Gewichtsteil fefter Subftanz angenommen.

1 l normaler Kalkbrei wiegt rund 1400 g (zwifchen 1300 und 1450 g) und enthält 60 bis 65 Vomhundert Glührückftand oder Kalkmaffe.

Die Ausgiebigkeit des Kalkes foll nach dem wirklichen Rauminhalt, d. h. nach dem Gewichte einer beftimmten Raumeinheit Stückkalk beftimmt werden, und zwar durch plötzliches Eintauchen eines gewogenen Kalkftückes in gefchmolzenes Paraffin und ein rafches Herausheben, unter Anbringung der Korrektur für den Paraffinüberzug. Als Volumenometer fchlägt *Tetmajer* die Volumendofe von *Hauenfchild* vor; ebenfo gut läßt fich aber auch das Volumenometer von *Michaëlis* verwenden.

Auf diefe Weife, alfo aus dem wirklichen Ätzkalkgehalt, findet man die Ausgiebigkeit zwifchen 3 und 4, während fie aus dem nach Hektolitergewicht in Stücken gemeffenen Kalk mit Zwifchenräumen 1,8 bis 2,5 beträgt.

89. Kalkmilch.

3) Kalkmilch ist verflüssigter, d. h. mit noch mehr Wasser nach dem Löschen verdünnter Kalkbrei; sie stellt eine Emulsion von Kalkhydrat dar, die eine Dichte unter 1,3 besitzt, welche noch völlig als Flüssigkeit mittels Aräometer bestimmt werden kann. Man kann wirklich flüssige Kalkmilch noch bis zu 26,84 Vomhundert an Ätzkalk oder bis 339 g Kalk im Liter mit einer Dichte von 1,26 herstellen.

Kalkmilch dient bekanntlich zu den Kalkanstrichen, denen beliebige Erdfarben zugesetzt werden können. Bei längerem Stehen setzt sich oben eine klare, stark ätzende Flüssigkeit ab, ein Beweis, daß Kalkmilch keine eigentliche Flüssigkeit ist; denn der untere Teil verdickt sich dabei allmählich zu steifem Kalkbrei. Weit länger flüssig bleibt die Kalkmilch durch Zusatz echter Kolloidflüssigkeit, z. B. Leimwasser, Molke usw., und kennzeichnet sich so als eine nur kolloidal gequollene, aber nicht wirklich kolloidal gelöste Masse.

90. Kalkwasser.

4) Kalkwasser ist die aus Kalkbrei oder Kalkmilch sich absondernde gesättigte Lösung von Kalk. In 100 Teilen Wasser sind bei 15 Grad C. 0,127 Teile Kalk löslich, und bei erhöhter Temperatur nimmt die Löslichkeit noch ab; bei 100 Grad C. sind nur 0,06 Teile löslich. Diese Eigenschaft ist technisch von Bedeutung; denn, wie *Rose* nachgewiesen hat, setzen sich beim Erhitzen aus kalt gesättigter Lösung unter Abschluß von Kohlensäure Kristalle ab, die sich beim Erkalten im Wasser nicht mehr lösen. Darauf beruht die Wirkung des *Loriot*'schen hydraulisch abbindenden Mörtels.

5) *Loriot*'scher Mörtel wird unter c behandelt werden.

91. Verbrennen und Ersäufen des Kalkes.

Es sei hier noch der in der Mörteltechnik üblichen Ausdrücke „Verbrennen“ und „Ersäufen“ des Kalkes gedacht. Ein Kalk wird verbrannt genannt, wenn ihm nicht genug Wasser zugesetzt wird, um damit Brei bilden zu können, aber doch mehr, als genügt, um ihn zu Staubhydrat zu löschen. Es bildet sich hierbei aus der anfänglichen Lösung unter unvollkommener Aufquellung kristallinisches Kalkhydrat, das teilweise noch Ätzkalk umschließt. Bei mangelndem Durchrühren kann selbst bei genügender Wasserzufuhr ein Teil Kalk verbrennen. Verbrannter Kalk fühlt sich körnig, kurz und sandig an und bildet erst nach längerer Lagerung völlig gequollenes Kalkhydrat.

Ersäuft heißt der Kalk, wenn er auf einmal mehr Wasser bekommt, als zur Bildung normalen Kalkbreies erforderlich ist. Solcher Kalk ist ohne genügende Erhitzung gelöscht und nimmt erst in späterer Zeit die richtige Breikonsistenz an. In beiden Fällen wird also der Mörtel nicht schlecht, sondern der Vorgang des Löschens wird nur sehr verlangsamt.

92. Erhärtung des Luftkalkmörtels.

Luftkalkmörtel geht aus der Breiform in die unplastische, starre Form stets unter Wasserverlust durch Verdunsten, Absaugen und Druck über, und zwar ganz ohne scharf zu bezeichnende Grenze.

Entsprechend dem *Stefan*'schen Gesetz nähern sich durch die Verminderung der Wasserhüllen die gequollenen Kalkkörner, unter Verminderung ihres Rauminhaltes, aber unter Erhöhung der verkittenden Kraft, und zwar geht die Verdunstung und damit die Raumverminderung von der Oberfläche aus und bewirkt dabei an fettem Kalkmörtel das Entstehen von Schwindrissen. Bei genügender Magerung durch Sand, der im dicht gelagerten Zustand ein nicht mehr schwindendes Skelett bildet, finden keine Rißbildungen mehr statt.

Sobald der plastische Zustand in den starren übergegangen ist, was bei einem Wassergehalt unter 60 Vomhundert beginnt, heißt der Mörtel angezogen. Das Anziehen bezeichnet also die Grenze zwischen plastisch und starr. Man hat

nach dem Vorgange *Vicat*'s fich geeinigt, das Anziehen als eingetreten auzufehen, fobald eine Nadel von 1 qmm Querfchnitt bei lotrechter Stellung und 300 g Belaftung den Mörtel nicht mehr durchdringt.

Mit dem Augenblick des Anziehens beginnt auch die Erhärtung, und zwar ftets von der Oberfläche aus durch fehr rafche Aufnahme von Kohlenfäure aus der Luft unter Bildung von kohlenfaurem Kalk in kriftallinifcher Form, unter ftetiger Verminderung des Waffergehaltes.

Alles, was das Einwirken der Kohlenfäure und das Austreten von Waffer befördert, befchleunigt und verftärkt den Erhärtungsvorgang. Vergrößerung der Oberfläche, Vermehrung der Zwifchenräume durch Erhöhung des Sandzufatzes, Beförderung des Verdunftens durch Luftzug und erhöhte Temperatur wirken günftig auf die Erhärtung; dagegen wird letztere erfchwert durch glatte Oberflächen, dichte Lagerung ohne Zwifchenräume und Verhinderung des Verdunftens durch Feuchtigkeit und Luftabfchluß.

Daraus erklären fich alle Erfcheinungen bei der Erhärtung. Von der Oberfläche wird fo lange Kohlenfäure aufgefaugt und zur Bildung von kohlenfaurem Kalk verwendet, fo lange noch feuchtes Kalkhydrat, alfo Waffer, vorhanden ift, und aus dem Inneren wird fo lange Waffer zugeführt, bis die Poren der gequollenen Kalkteilchen durch den gebildeten kohlenfauren Kalk gefchloffen find und die Abforption des Porenwaffers durch abfaugende Unterlagen aufgehört hat. Die Erhärtung fchreitet immer langfamer in das Innere vor und erreicht, je nach der Dicke der Schichten und dem Abfchluß von Luft, erft nach Monaten, Jahren, ja Jahrhunderten volle Umwandelung in kohlenfauren Kalk.

Gewöhnliche Mörtelfugen erlangen an der Luft nach 5 Tagen ihre volle Oberflächenerhärtung. In diefem Zuftande trägt die Oberfläche die *Vicat*'fche Nadel mit 2000 g Belaftung. Dringt die Kohlenfäure durch die ganze Fugendicke durch, fo wird durch die *Vicat*'fche Nadel erft bei einer Belaftung bis zu 10000 g die Zerftörung der Fuge bewirkt. Daß vor allem die Kohlenfäureaufnahme, nicht das Austrocknen allein die Erhärtung bewirkt, geht daraus hervor, daß die Unterfeite eines Mörtelwürfels nur 500 g trägt, wenn die der Luft ausgefetzten Flächen 7500 g tragen. Feuchtigkeit unter Kohlenfäurezutritt verzögert nur die Erhärtung, verhindert fie aber nicht; Froft wirkt oft ohne Austrocknung nur verzögernd auf die Erhärtung (z. B. beim Fugenmörtel), und trockner Froft bewirkt (z. B. beim Putzmörtel) ficher wirkliches Zerfrieren. Ebenfo erklärt fich aus der härtenden Wirkung der Kohlenfäure, daß magere Mörtel, bei denen nicht alle Zwifchenräume des Sandes mit Kalkbrei erfüllt find, viel kräftiger erhärten als fatte Mörtel. Mörtelproben mit 5 Raumteilen Sand auf 1 Teil Kalkbrei tragen 10000 g, folche mit 3 Teilen Sand nur 7500 g nach völliger Erhärtung.

Daß auch die zur Beförderung des Austrocknens von Kalkputzwänden benutzten Koke-Körbe wirklich ein durchaus zweckentfpechendes Verfahren darftellen, ift durch Verfuche von *Michaëlis* nachgewiefen worden. Nur bis 100 Grad gefteigertes Trocknen unter Kohlenfäurezufuhr fcheint dabei ungünftig zu wirken. Mörtel aus 1 Teil Kalkbrei auf 3 Teile Sand ergab nach 4 Wochen, unter Kohlenfäurezufuhr in der Wärme getrocknet, 8,55 kg Zugfeftigkeit, während derfelbe Mörtel, nur an der Luft erhärtet, bloß 1,95 kg erreichte. Vielfach herrfcht noch die Anfchauung, daß außer der Bildung von kohlenfaurem Kalk auch die Bildung von Kalkfilikat an den Berührungsftellen von Sand und Kalk zur Erhärtung wefentlich beiträgt; jedoch haben die genauen Unterfuchungen im

chemifchen Laboratorium für Toninduftrie von *Seger & Cramer* in Berlin[67]) nachgewiefen, daß felbft bei über 200 Jahre altem Mörtel aus Rüdersdorfer Kalk eine Bildung von Kalkfilikat fich nicht nachweifen läßt und daher gar kein Grund vorliegt, bei Luftmörtel eine Silikatbildung anzunehmen.

93. Feftigkeit von Luftmörtel.

Aus obigem geht fchon hervor, daß Luftkalk an fich ganz beträchtlich verfchiedene Feftigkeiten annehmen kann, je nachdem die Erhärtungsbedingungen mehr oder weniger günftige find. Die Gütebeurteilung eines beftimmten Luftkalkes befchränkt fich daher auch meift nur auf feine Ausgiebigkeit, worüber fchon oben das Nötige mitgeteilt worden ift. Lengericher Fettkalkmörtel aus 1 Raumteil Fettkalkpulver und 1,5 Raumteilen Normalfand ergibt nach *Böhme* bei Lufterhärtung nach 7 Tagen 2,74 kg Zugfeftigkeit, nach 28 Tagen 4,82 kg für 1 qcm. Die Druckfeftigkeit desfelben Mörtels war nach 7 Tagen 16,53, nach 28 Tagen 21,18 kg für 1 qcm. Reiner Kalkmörtel, der auch kaum praktifch verwendbar ift, erlangt überhaupt keine nennenswerte Feftigkeit; mit Recht wird daher Fettkalk nach dem Vorgange von *E. Hoffmann* als unfelbftändiger Mörtel bezeichnet, und erft die Zugabe von Sand und die Art der Bearbeitung und Erhärtung geben ihm außer der Verkittungsfähigkeit auch Erhärtungsfeftigkeit.

94. Mauermörtel.

Der Mauermörtel wird feinem Zwecke entfprechend aus gröberem, am beften gemifchtkörnigem Sand und höchftens foviel Kalkbrei angemacht, daß die Sandzwifchenräume im dicht gelagerten Zuftand eben noch durch Kalkbrei ausgefüllt werden. Da hierbei der Sand ftets in lofem Zuftande gemeffen zur Verwendung kommt, fo ift die Mörtelmenge oder die Ausgiebigkeit meiftens geringer als das Maß des Sandes, und der Kalkbrei trägt folange zur Vermehrung der Mörtelmaffe nichts bei, als er nicht mehr als die Zwifchenräume beträgt. Da der Sand häufig 20 Vomhundert und mehr fchwindet, bis er feine dichtefte Lagerung angenommen hat, und der Fettkalk, insbefondere bei kräftiger Durcharbeitung, die dichtefte Ineinanderlagerung nur befördert, fo kommt die verfchiedene Ausgiebigkeit verfchiedener Kalkforten hierbei nicht zur Geltung; ja fehr fetter, d. h. ausgiebiger Kalk kann die engfte Lagerung nur noch befördern und daher noch geringere Sandmörtelausgiebigkeit hervorrufen als weniger fetter. Man nimmt im allgemeinen an, daß der Durchfchnitt der Ausgiebigkeit eines Mauermörtels etwa 80 Vomhundert der lofen Sandmenge beträgt.

Nach den Verfuchen von *Hauenfchild* ift erwiefen, daß Luftmörtel im Verhältnis von 1:5 dem Rauminhalt nach bei Grundbauten energifcher erhärtet, als folcher im Verhältnis 1:3, weil er der Kohlenfäureaufnahme günftiger ift. Nur die größere Gefchmeidigkeit eines Mörtels mit weniger als 3 Teilen Sand rechtfertigt einen höheren Kalkzufatz, insbefondere bei Backfteinmauerwerk. Es erhellt aus dem über die Erhärtungsbedingungen Gefagten, daß ftets möglichft fteifer Kalkmörtel zur Verwendung gelangen foll; insbefondere ift dies bei Mauern aus Bruchfteinen und Klinkern der Fall, weil fonft durch den Druck der Steine unmittelbar Waffer ausgepreßt, die Reibung an den Berührungsflächen dadurch fehr vermindert und die Steine felbft dadurch beweglich, „fchwimmend“, würden.

Zu Mauern aus gewöhnlichen Backfteinen und poröfen Sandfteinen foll ein fatter, nicht flüffiger, aber leicht beweglicher Mörtel verwendet werden, damit das Porenwaffer unter Mitnahme von Kalkmilch in die Steinporen langfam eindringt und dadurch Vergrößerung der Adhäfion, ohne Entziehung der Plaftizität, bewirkt.

Bei zu großer Dünnflüffigkeit und dabei gleichzeitiger Magerkeit, alfo bei hohem Sandzufatz, hört oft die Plaftizität und damit die Bedingung der Verkittung

[67]) Siehe: Thonind.-Ztg. 1894, S. 206

fchon auf, bevor der deckende Stein aufgefetzt wird, was natürlich eine Verbindung des oberen Steines mit der Fuge aufhebt. Beim Abbruch von Mauern fieht man dies leider nur zu häufig.

Vorteilhaft ift die Einführung der aus Staubhydrat und Sand mafchinell gemifchten Trockenmörtel, die auch den Transport in entlegene Orte zulaffen und denen an Ort und Stelle nur mehr das nötige Waffer zugefetzt wird. Nach den Angaben von *Hartig* [68]) gibt der in verfchiedenen Magerungsftufen hergeftellte Trockenmörtel der Dresdener Mörtelwerke wefentlich höhere Zug- und Druckfeftigkeiten, fowie größeres Adhäfionsvermögen als der gewöhnliche Mörtel, eine vorteilhafte Eigenfchaft, die übrigens allen mafchinell gemifchten Mörteln in mehr oder weniger hohem Grade eigen ift und auch die Feftigkeit von Luftkalkmörtel reichlich verdoppelt. (Der hierbei verwendete Kalk dürfte aber Grau- oder Schwarzkalk [fiehe Art. 70, S. 137] gewefen fein.)

95. Putzmörtel.

Putzmörtel bedarf vermöge feiner Aufgabe, lotrechte Flächen zu fchützen, einer genügenden Adhäfion an den Wänden und darf außerdem nicht fo fchwinden, daß fich dabei Riffe bilden. Man benutzt hierzu zuerft meift mittelgroben Sand im Verhältnis 1:2 und macht den Bewurf dünn, nur etwa 5 mm ftark, läßt die Schicht fo anziehen, daß fie nicht mehr plaftifch wird, fondern anfaugend wirkt, wenn der zweite Bewurf darauf kommt, vermindert bei demfelben die Sandmenge etwas, um größere Gefchmeidigkeit zu erzielen, und verwendet zum letzten Bewurf, befonders beim Ziehen von Gefimfen, feineren Sand. Auf geringe Dicke und Anziehenlaffen der ganzen Fläche ift dabei genau Rückficht zu nehmen. Am ficherften wird der Bildung von Schwindriffen vorgebeugt, wenn man zu jeder Putzlage eine gewiffe Menge Romanzement oder Portlandzement gibt, und zwar von innen nach außen weniger, fo daß dem inneren Rohbewurf am meiften Zement, etwa $1/4$, dem äußerften nur etwa $1/20$ der verwendeten Menge Kalkbrei zugefetzt wird. Ein ähnlicher Putz von *Ambrofelli* erhielt vom Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen einen Preis [69]). *Bues* widerrät die Anwendung mehrerer Putzfchichten und befürwortet das Anbringen einer einzigen, mindeftens 15 mm ftarken Schicht [70]).

Es kommt hiernach vor allem auf gleichmäßige Porofität der Mauer und auf gleichmäßigen Gehalt der Maffe an Porenwaffer fowohl der Fläche, als der Dicke nach an. Von Chemikern wird behauptet, daß das Anhaften des Putzes am Mauerwerk durch die Bildung von kiefelfaurem Kalk infolge Verbindung der auf der Oberfläche des Backfteines vorhandenen kiefelfaueren Tonerde mit dem Ätzkalk des Mörtels befördert werde [71]). Dies ftimmt allerdings nicht mit der in Art. 85 (S. 144) entwickelten Mörteltheorie, hat aber viel für fich, da ja auch die Erhärtung des Kalkmörtels durch Zufatz von Ziegelmehl wefentlich befördert wird und der Mörtel hydraulifche Eigenfchaft erhält. Auch haftet nach dem Abfallen des erften Putzes ein zweiter Putzauftrag niemals mehr fo feft, wie jener erfte.

Künftlerifche Verwendung findet der Luftmörtel zur Wanddekoration bei der Ausführung von Sgraffito und bei der Herftellung des Grundes zur Fresko-, Kafeinmalerei und zur *Keim*'fchen Mineralmalerei. Von der Technik derfelben und vom Wandputz überhaupt wird noch im III. Teile diefes „Handbuches“ (Band 2, Heft 1 und Band 3, Heft 3) eingehend die Rede fein.

96. Stuckmörtel.

Der feinfte Mörtel aus Fettkalk dient zu Stuck. Man verfteht darunter ge-

68) Siehe: Civiling., Bd. 33, Heft 2.

69) Siehe: Teil III, Band 3, Heft 3 diefes „Handbuches“, wo diefer Putz befchrieben werden wird.

70) Siehe auch Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 4, unter a) diefer „Handbuches“.

71) Vergl.: Deutfche Bauz. 1874, S. 179.



wöhnlich eine Mifchung des Fettkalkes mit Gips, welch letzterer, felbft in geringen Mengen dem Fettkalk zugefetzt, durch Entziehen des Quellungswaffers und Bilden langfam kriftallifierenden hydratifierten Gipfes, der den Kalkmörtel zu felbftändig erhärtendem Mörtel macht, feine Gefchmeidigkeit befördert und die Erhärtung befchleunigt. Zu 2 bis 3[1] Fettkalk wird dabei 1[1] Gips zugefetzt.

Hierher gehört auch der in der Barockzeit häufig verwendete Relief-Stuckmörtel. Dies ift altabgelagerter, befonders fpeckigfteifer Fettkalk, der mit gefiebtem Marmorftaub in folchem Verhältnis gemengt wird, daß er nicht mehr fchwindet und, zu lange plaftifch bleibendem Teig geknetet, zum Boffieren von Reliefftuck dient.

L. Keßler hat das Aluminium-Fluofilikat zum dauernden Härten und zur Herftellung wetterbeftändiger Politur auf Reliefftuck vorgefchlagen [72]).

Luftmörtel wird auch zur Herftellung künftlicher Steine benutzt, und es werden diefe je nach dem Füllftoff, welcher dabei als Skelett dient, verfchieden benannt.

97.
Kalkfandftein und Hydrofandftein.

Kalkfandfteine [73]) oder Kalkziegel wurden früher, wie noch heute, aus fcharfem, reinem Quarzfand mit wenig frifch gelöfchtem Kalk und möglichft geringem Wafferzufatz hergeftellt; der Kalkgehalt betrug dabei 12 bis 14 Vomhundert, oder die Mifchung war 1:3 bis 5. Mafchinelle Mifchung und Formen mittels kräftig wirkender Preffen bewirkten wefentlich erhöhte Feftigkeit; jedoch erfolgte die Erhärtung nur an der Luft.

Diefe alte Kalkfandftein-Fabrikation wird heute durch die neue verdrängt, welche hauptfächlich auf den Patenten von *Zernikow* (1877) und *Michaelis* (1880) beruht.

Zernikow verwendet quarzreichen, feinen Sand und recht fetten Ätzkalk in Verhältniffen von 2 bis 30 Teilen Kalk auf 100 Teile Sand und mifcht diefe Maffen in einem gefchloffenen Dampfkeffel mit Rührwerk, welcher von einem zweiten Keffel umgeben ift. Nachdem in dem erften die noch faft trockene Maffe durch Dampf von mindeftens 120 Grad, bezw. 2 Atmofphären Spannung erhitzt ift, wird der Dampf nach dem Zwifchenraum zwifchen beiden Keffeln umgeftellt und nunmehr die Mörtelmaffe unter ftetem Umrühren gar gekocht, bei 2 Atmofphären Druck in 12 Tagen, bei 7 Atmofphären in 2 Tagen, wonach Abkühlung und Formung der Steine erfolgen kann, welche nach 24 Stunden noch mit dem Modellierholz bearbeitet werden können, dann aber ftetig erhärten. *Zernikow* faßte die Sache am verkehrten Ende an, und deshalb war diefes Verfahren nicht zweckmäßig, wenn es auch alles Material enthielt, welches fpäteren „Erfindern“ als Grundlage für ihre Verbefferungen diente.

Diefe Mängel machte *Michaelis* durch fein Patent gut, welches lautet: „Ich mifche Sand ufw. innig mit 10 bis 40 Vomhundert Kalkhydrat in dazu geeigneten Apparaten. Das fo erhaltene Gemifch verforme ich und fetze es in geeigneten Behältern der direkten Einwirkung von gefpanntem Dampf von einer Temperatur von 130 bis 300 Grad C. aus. Nach einigen Stunden hat fich Kalkhydrofilikat gebildet und damit eine fteinharte Maffe, die luft- und wafferbeftändig ift.“

Bei der auf verfchiedenen Patenten beruhenden Ausführung unterfcheidet man die Aufbereitung der Rohmaffe mit Ätzkalk oder mit Kalkhydrat, alfo das Löfchen des Kalkes bei oder nach dem Mifchen mit Sand oder die Zuführung fertigen Kalkhydrats zum Sande. Kalkbrei ift wegen feines hohen Waffergehaltes ausgefchloffen; der Sand muß, wenn er nicht immer völlig gleichmäßig feucht ift, was felten der Fall fein wird, erft in befonderen Vorrichtungen getrocknet werden. Die Benutzung von Ätzkalk ift das neuere Verfahren, und es mag hier wenigftens

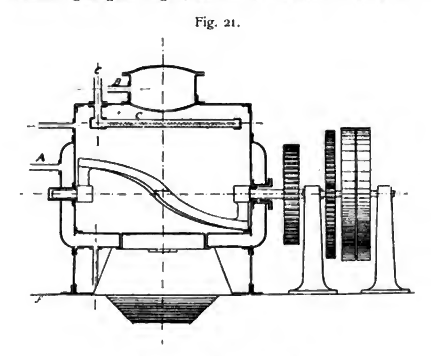
[72]) Über *Stucco luftro* fiehe Teil III, Band 3, Heft 3 diefes „Handbuches“.

[73]) Näheres über Erzeugung und Verwendung der Kalkfandfteine in: Krause, F. Anleitung zur Kalkfandbaukunft. 1851. – Engel. Der Kalk-Sand-Pifébau. 3. Aufl. Leipzig 1855. – Bernhardi, A. Die Kalkziegelfabrikation und der Kalkziegelbau auf ihrem gegenwärtigen Standpunkt etc. 4. Aufl. Eilenburg 1873. – Schoch, C. Die Kalkfandfteinfabrikation. Chem. Induftrie 1903. Nr. 15–18.

zur Erläuterung desselben die Mischtrommel von *Schwarz* (Fig. 21 [74]) beschrieben werden.

Die Vorrichtung besteht nach der Beschreibung von *Schoch* [75]) aus dem eigentlichen Löschzylinder, welcher einen Doppelmantel für Dampfheizung mit dem Dampfzuleitungsrohre *A* hat, und dem im ersteren rotierenden Knetmischflügel. Das Wasser wird dem Apparat durch das Zuflußrohr *C* zugeführt, welches innerhalb des Löschzylinders eine Anzahl feiner Zerstäubungsdüsen hat. Oben trägt der Apparat einen Dampfdom, der auch als Mannloch dient und mit einem Ausgangsstutzen *B* an eine Vakuumpumpe angeschlossen ist. Der Sand wird nun durch das Mannloch in die Löschtrommel eingebracht, unter Umrühren durch den Dampf hoch erhitzt und die Feuchtigkeit durch die Vakuumpumpe abgesaugt. Hiernach werden 5 bis 7 Vomhundert Kalk in feingemahlenem Zustande beigefügt und mit dem Sande vermischt, worauf die nötige Menge Wasser zugesetzt wird. Dann erfolgt, ebenfalls unter stetigem Mischen und Kneten durch den Flügel und ebenso stetiger Erwärmung durch den Dampfmantel, aber natürlich ohne Absaugen durch die Luftpumpe, die Hydratisierung des Kalkes und zugleich die innigste Mischung des ersteren mit dem Sande. Die Masse ist hierdurch zu einem heißen Mörtel geworden, der sich vorzüglich verpressen läßt. Da man bei diesem Verfahren von trockenen Rohmaterialien ausgeht, läßt sich der Zusatz von Mörtelwasser ganz genau regeln, was für die Fabrikation von großer Wichtigkeit ist;

Fig. 21.



Mischtrommel von *Schwarz* [74]).

denn bei Wasserüberschüssen im Mörtel werden die Steine Risse bekommen und können sogar ganz auseinandergesprengt werden. Die Verarbeitung zu Ziegeln geschieht sodann durch automatische Pressen, wie bei allen Ziegeleibetrieben. Die fertig gepreßten Rohsteine werden jetzt auf Plateauwagen aufgestapelt und gelangen mit diesen in den Härtekessel, wobei darauf zu achten ist, daß sie nicht durch herabtropfendes Kondenswasser leiden. Die Erhärtung erfolgt meistens mittels hochgespannten Dampfes nach dem *Michaelis*'schen Verfahren unter 8 bis 10 Atmosphären Druck, und zwar binnen 10 bis 11 Stunden, während beim *Neffgen*'schen Niederdruckverfahren in gemauerten Kanälen die Erhärtung eine verhältnismäßig lange Zeit erfordert und auch die Steine nur einen geringeren Härtegrad erreichen.

Der aus dem Härtekessel hervorgehende fertige Ziegel ist ein Kalksilikat-Sandstein, also etwas ganz anderes als etwa ein Sandstein mit kalkigem Bindemittel. Mit zunehmendem Alter könnte die zersetzende Wirkung der Kohlensäure die äußere Schicht in Kalkkarbonat verwandeln und die Zerstörung der Steine veranlassen. Unter vielen Mitteln, die dagegen vorgeschlagen sind, ist wohl die

[74]) Faks.-Repr. nach: Chem. Industrie 1903, Nr. 15—18, Fig. 2.
[75]) Nach: SCHOCH, a. a. O.

Behandlung ihrer Oberfläche mit Flußſäure [76]) am erwähnenswerteſten, unter deren Einwirkung der kieſelſauere Kalk ſich in erſtarrende Kieſelſäuregallerte und Fluorkalcium ſcheidet, während ebenſo der etwa ſchon gebildete kohlenſauere Kalk ſeine Kohlenſäure abſpaltet und gleichfalls in Fluorkalcium übergeht. Dies hat natürlich nur für Verblendſteine Wert, ebenſo die Färbung der letzteren, welche ſich leicht bewirken läßt und bei der nur zu beachten iſt, daß die Farbſtoffe nicht, wie häufig die roten, ſchwefelhaltig ſind, damit nicht Gipsbildung und das ſchädliche Treiben eintritt.

Nach dem gleichen Verfahren können ſelbſtverſtändlich Quader, Baluſter und jede Art Sandſteinnachahmungen hergeſtellt werden, wenn die nötigen Formen aus Gips, Holz oder Eiſen vorhanden ſind, in welche der fertige Mörtel einzuſtampfen iſt. Das Modellieren wird nach dem Herausnehmen aus der Form mit Modellierhölzern und Meſſern auf die leichteſte Weiſe bewirkt. Nachher folgt die Erhärtung unter Dampfdruck. Dieſe Kalkſandſteine heißen auch „Hydroſandſteine" und laſſen ſich leicht durch Zuſatz einer Eiſenvitriollöſung gelb färben.

Die Druckfeſtigkeit der Kalkſandſteine iſt eine hohe; ſie überſteigt bei angemeſſener Verarbeitung 250 kg für 1 qcm. Das Gewicht dieſer Ziegel und ihre Härte, welche die Bearbeitung mit dem Maurerhammer ſehr erſchwert, ſind ihre einzigen Fehler, ſoweit dies ſich für jetzt überſehen läßt. Da aber ihre Herſtellung weniger Koſten verurſacht als diejenige der gebrannten Tonziegel, ſo werden ſie ſelbſt in Gegenden mit ausgebreitetſter Toninduſtrie, wie in der Berliner, neuerdings viel verwendet. Weiteres ſiehe in den unten genannten Schriften [77]).

98. Schlackenſteine.

Statt Sand werden zu Kalkziegeln auch vielfach granulierte Hohofenſchlacken genommen und daraus die Schlackenſteine hergeſtellt, die zuerſt von der Georgs-Marienhütte in Osnabrück und jetzt an vielen anderen Orten als ſehr wetterfeſte, auch zu Grundmauern und Kanaliſationen taugliche Steine erzeugt werden [78]). Statt des Kalkes als Bindemittel verwendet man häufig, beſonders in Süddeutſchland, Gips.

99. Löſchziegel.

In der Schweiz und in Südfrankreich wird vielfach ſtatt Sand geſiebte Steinkohlenaſche zur Herſtellung der ſog. Löſchziegel benutzt, die ſich durch große Poroſität und Leichtigkeit bei genügender Feſtigkeit und hervorragender Schallſicherheit auszeichnen. Die Formate werden dabei reichlich doppelt ſo dick wie Normalſteine genommen. Sie erreichen eine Druckfeſtigkeit von 15 kg für 1 qcm [79]).

100. Schwemmſteine.

Die gleichen Vorteile, wie die Löſchſteine, bieten die aus Bimsſand am Rhein um Neuwied in großen Mengen erzeugten Schwemmſteine [80]). Zu ihrer Herſtellung werden Magerkalke gebraucht, welche ſich beſſer bewährt haben als Fettkalke. Der Bimsſand wird im Freien gelagert und mit Kalkmilch angerührt. Zur Erhärtung der Steine an der Luft genügen 14 Tage. Vorzüge ſind ihre Leichtigkeit und ihr geringes Wärmeleitungsvermögen. Sie werden daher mit Vorliebe zur Ausfüllung von Fachwerkwänden, zu Deckengewölben, als ſchlechte Wärmeleiter zu Bier- und Eiskellern uſw. verwendet und erhalten gewöhnlich ein Format von $25 \times 12 \times 9{,}5$ cm; auch werden Steine für Schornſteinrohre, ſog. Achteckſteine,

[76]) Nach D. R.-P. 128477.

[77]) SCHOCH, C. Die Kalkſandſteinfabrikation, a. a. O.
RINNE, F. Zur mikroſkopiſchen Struktur von Kalkſandſteinen. Thoninduſtrie-Ztg. 1903, S. 192.
GLASENAPP, M. Theoretiſche Erörterungen über Kalkſandſteinfabrikation. Thoninduſtrie-Ztg. 1900, S. 1703.
STÖFFLER, E. Kalkſandſteine. Bauſteine aus quarzigem Sand und Kalk etc. Zürich 1900.

[78]) Siehe: DINGLER's Polytechn. Journal, 16. Juli 1897, S. 72.

[79]) Siehe auch Teil III, Band 1, Heft 1 (Abt. III, Abſchn. 1, A, Kap. 5, unter d) dieſes „Handbuches".

[80]) Siehe: Die Eigenſchaften und die Verwendung des Schwemmſteins. Baugwks.-Ztg. 1894, S. 121 – und: HAMBLOCH, A. Der rheiniſche Schwemmſtein uſw. Baumaterialienkde. 1903, S. 311.

daraus hergeſtellt, die beſonders am Rhein beliebt ſind. Ihre Druckfeſtigkeit beträgt 18 kg für 1 qcm, und ihr Einheitsgewicht iſt 2,22.

101. Korkſteine.

Als Wärmeſchutzmaſſe, als Iſoliermaterial und zu Zwiſchenwänden werden die Korkſteine von *Grünzweig & Hartmann* in Ludwigshafen mit Vorteil angewendet. Dies iſt der leichteſte Bauſtein mit einem Einheitsgewicht von nur 0,22; er beſtand früher aus Korkabfällen mit Kalkbrei und Ton als Bindemittel. Heute wird ſtatt des letzteren eine wäſſerige Miſchung von möglichſt fettem Ton mit Teer benutzt, wobei ſich die Widerſtandsfähigkeit gegen Feuchtigkeit und die Druckfeſtigkeit von 14 auf 17 kg für 1 qcm erhöht hat [81]).

c) Mörtel aus hydrauliſchem Bindemittel im allgemeinen.

102. Kennzeichnende Eigenſchaften.

Wenn der Luftkalkmörtel, wie oben gezeigt, nur unter Einwirkung von Kohlenſäure zu erhärten vermag und daher von außen nach innen verſteinert, ſo iſt der hydrauliſche Mörtel imſtande, auch bei Abweſenheit von Kohlenſäure und gleichzeitig durch und durch zu erhärten, und zwar bei genügend dichter Lagerung ſeiner Beſtandteile unmittelbar unter Waſſer. In dieſer Beziehung beſteht ein Gegenſatz zwiſchen Luft- und Waſſermörtel. Aber die hydrauliſchen Mörtel erhärten meiſtens auch an der Luft ebenſo kräftig oder noch kräftiger wie im Waſſer; es gibt auch unmerkliche Übergänge zwiſchen Luft- und Waſſermörteln, die ſich namentlich dadurch kennzeichnen, daß bei manchen Bindemitteln erſt nach begonnener Erhärtung oder wenigſtens nach begonnener Erſtarrung der Oberfläche die Erhärtung unter Waſſer ihren Fortgang nimmt. Selbſt die kräftigſten hydrauliſchen Bindemittel, als Pulver unter Waſſer geſchüttet, können keinen Zuſammenhang gewinnen, wenn Bewegung im Waſſer und infolgedeſſen zu dicke Waſſerhüllen um die einzelnen Teilchen die Flächen-, bezw. Maſſenanziehung zwiſchen einander unwirkſam machen. Auch hier tritt die im *Stefan*'ſchen Geſetz ausgeſprochene Kapillarwirkung in erſter Linie hervor. Alles, was dichte Lagerung befördert: allmählicher Waſſerzutritt, Knetdruck, Aneinanderlagerung bei größerem Eigengewicht infolge der Schwerkraftwirkung, Zähigkeit der benetzten und oberflächlich aufgequollenen, den hydroſtatiſchen Geſetzen folgenden Teilchen, Umlagerung der durch teilweiſe Löſung zu molekularer Anziehung und zu beginnender Kriſtalliſation gebrachten Teilchen — befördert auch den Widerſtand gegen die zerteilende Kraft des Waſſers und umgekehrt.

Zur Beurteilung der Wirkſamkeit hydrauliſcher Bindemittel ſind deshalb einheitliche Geſichtspunkte nötig, und erſt wenn alle hydrauliſchen Bindemittel von einem einheitlichen Geſichtspunkt aus miteinander verglichen werden, gelingt es, ſie unbefangen zu klaſſifizieren und jedem einzelnen den Platz anzuweiſen, den es je nach ſeiner beſonderen Eigenſchaft und Beanſpruchung einzunehmen berechtigt iſt.

103. Prüfung der hydrauliſchen Bindemittel.

Die einheitlichen Methoden zur Beurteilung und Prüfung hydrauliſcher Bindemittel ſind von den internationalen Konferenzen vereinbart und zur Grundlage der für jedes einzelne zu fordernden Qualitätsziffern gemacht worden. Allerdings ſind dieſe Methoden noch nicht endgültig durchgebildet und bedürfen noch der Vervollſtändigung und Vervollkommnung; aber ſie weiſen doch einen ſehr beträchtlichen Fortſchritt für die ſachgemäße Mörteltechnik auf und bilden die Grundlage für die Umwandelung und Verbeſſerung der anerkanntermaßen be-

[81]) Natzger, F. Der Kork und ſeine Verarbeitung. Baumaterialienkde. 1900, S. 326, 375 — und: Grünzweig, C. Der Korkſtein. Ebendaſ., S. 396.

dürftigen sog. Normenprüfungen. Deshalb seien hier die von der letzten Wiener Konferenz aufgestellten einheitlichen Prüfungsmethoden hydraulischer Bindemittel vorangestellt. Bei den einzelnen Bindemitteln werden dann die bisher geltenden Anforderungen der Normen an die Qualitätsziffern, bezw. die Unterschiede der Normen von den Konferenzbeschlüssen angegeben.

A) Allgemeines.

104. Prüfung im allgemeinen.

1) Wenn es sich um die Verwendung hydraulischer Bindemittel zu einem bestimmten Zwecke handelt, so muß bei Prüfung derjenigen derselben, unter denen die Auswahl getroffen werden soll, diesem Verwendungszwecke und den zur Verfügung stehenden Zuschlagsmaterialien (Sand, Kies, Schlacken usw.) Rechnung getragen werden, d. h. die Proben sind im engsten Anschluß an den Verwendungszweck und mit den zur Verfügung stehenden Zuschlagsmaterialien auszuführen. Solche Proben sind durch die sog. Normenproben nicht zu ersetzen.

Kanaldeckel und Röhren sollen nach der Methode von Prof. *Bauschinger* geprüft werden [62]).

2) Die Zug- und Druckfestigkeit des Zementmörtels, so wie sie jetzt normengemäß bestimmt wird, ist für die Dauerhaftigkeit der Bauten nicht allein maßgebend; es kommen vielmehr noch mehrere wichtige Momente in Betracht, beispielsweise Wetterbeständigkeit, Sprödigkeit, Wasserundurchlässigkeit, Adhäsionsfestigkeit, Raumbeständigkeit der Mörtel, welche für die Dauerhaftigkeit der Bauten vom größten Belang sind. Da die jetzt schon erreichten Festigkeiten des Zementmörtels nicht ausgebeutet werden können, so erscheint eine weitere Steigerung derselben vom Standpunkte der Mörteltechnik aus nicht erforderlich.

B) Prüfung.

105. Gewicht.

1) Gewicht:

α) Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes eines hydraulischen Bindemittels (des spezifischen Gewichtes der Körner nämlich) soll einheitlich mittels des sog. Volumenometers erfolgen.

β) Zur Bestimmung des Raumgewichtes eines hydraulischen Bindemittels ist ein zylindrisches Normallitergefäß von 10 cm Höhe zu benutzen. In dasselbe wird

a) eingesiebt und zwar maschinell mit dem Apparate von *Tetmajer*,

b) eingerüttelt, und zwar ebenfalls maschinell mit dem Apparate von *Tetmajer* und

c) eingeschüttet mit der Hand unter Benutzung des Fülltrichterapparates und des Normallitergefäßes.

106. Feinheit der Mahlung.

2) Feinheit der Mahlung. Die Feinheit der Mahlung hydraulischer Bindemittel ist mittels Sieben von 900 und 4900 Maschen für 1 qcm für Portlandzement und von 900 und 2500 Maschen für 1 qcm für die übrigen hydraulischen Bindemittel zu bestimmen und dabei zu jeder Probe die Menge von 100 g zu verwenden. Die Drahtstärken jener Siebe sollen sein:

bei 4900	2500	900 Maschen für 1 qcm
0,05	0,07	0,1 mm

und wird empfohlen, die Siebe nur von einer Quelle zu beziehen.

107. Abbindeverhältnisse.

3) Abbindeverhältnisse:

α) Für alle hydraulischen Bindemittel mit Ausnahme der Puzzolane (Traß):

a) Die Abbindeverhältnisse sind immer bei einer Temperatur von 15 bis 18 Grad C. zu untersuchen.

b) Sie sind zu ermitteln an einem Brei von Normalkonsistenz. Zur Feststellung derselben dient der mit Normalnadel (s. u.) zu vereinigende Konsistenzmesser, bestehend aus einem Schaft mit 300 g Gewicht und 1 cm Durchmesser und einer zylindrischen Dose von 4 cm Höhe und 8 cm Weite aus einem wasserundurchlässigen, schlechten Wärmeleiter (am besten Hartgummi).

Zur Bestimmung der Normalkonsistenz rühre man 400 g des hydraulischen Bindemittels mit einer angenommenen Wassermenge zu einem steifen Brei, arbeite diesen mittels eines löffelartigen Spatels, und zwar bei Langsambindern genau 3 Minuten lang, bei Raschbindern 1 Minute lang, durch und fülle, ohne zu rütteln,

[62]) Siehe: BAUSCHINGER, J. Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der K. polytechnischen Schule in München. Heft 7. München 1877.

die Doſe des Konſiſtenzmeſſers. Nach erfolgtem Abſtrich der Breioberfläche wird der Schaft des Konſiſtenzmeſſers behutſam in den Brei eingelaſſen.

Die Breikonſiſtenz eines hydrauliſchen Bindemittels iſt als normal anzuſehen, wenn der Schaft des Konſiſtenzmeſſers in einer Höhe von 6 mm über der Bodenfläche der Doſe ſtecken bleibt.

c) Die Abbindungsverhältniſſe ſind zu ermitteln mittels einer 300 g ſchweren Normalnadel mit 1 qmm kreisförmiger Querſchnittsfläche und derſelben Doſe wie vorhin (Fig. 22 [83]).

Man rühre 400 g des hydrauliſchen Bindemittels mit der unter β beſtimmten Waſſermenge zu einem Brei an, indem man bei Langſambindern 3 Minuten, bei Raſchbindern 1 Minute lang umrührt, und fülle damit die Doſe eben.

Der Erhärtungsbeginn iſt eingetreten, wenn die Nadel den Kuchen nicht mehr gänzlich durchdringt. Er kann bei Raſchbindern auch mittels des Thermometers beſtimmt werden.

Um die Bindezeit feſtzuſtellen, kehrt man die Doſe um. Jedes hydrauliſche Bindemittel kann als abgebunden bezeichnet werden, ſobald die Erhärtung ſoweit vorgeſchritten iſt, daß die Normalnadel am Kuchen keinen Eindruck mehr hinterläßt. Die hierzu erforderliche Zeit heißt Bindezeit.

Fig. 22.



Normalnadel.

Ob ein hydrauliſches Bindemitel als raſch oder langſam bindend zu bezeichnen ſei, entſcheidet der Erhärtungsanfang.

b) Als Vorprobe für die Beſtimmung der Bindezeit kann auch die Kuchenprobe gemacht werden. Dabei werden 100 g des zu prüfenden Zements mit Waſſer zu einem Brei von Normalkonſiſtenz bei Langſambindern 3, bei Raſchbindern 1 Minute lang angerührt und daraus auf ebener Glasplatte ein Kuchen von etwa 2 cm Dicke geformt. Derſelbe gilt als abgebunden, wenn er einem leichten Druck mit dem Fingernagel widerſteht.

c) Zuſatz: Es iſt wünſchenswert, daß, von der Normalkonſiſtenz ausgehend, Abbindungsverſuche auch mit höheren Waſſerzuſätzen gemacht werden.

β) Für Puzzolane (Traß).

Die fein gepulverte, bei 100 bis 110 Grad C. getrocknete Puzzolane wird auf den Glühverluſt (gebundenes Waſſer) und mittels der 300 g ſchweren Normalnadel mit 1 qmm kreisförmigem Querſchnitt (vergl. oben unter α, c) auf die Anfangserhärtung unter Waſſer bei möglichſt 15 Grad C., jedenfalls unter Berückſichtigung der Temperatur, geprüft in einer Miſchung von 2 Gewichtsteilen Puzzolane (Traß), 1 Gewichtsteil Kalkhydratpulver und 1 Gewichtsteil Waſſer.

Der in die Doſe eingefüllte und glatt abgeſtrichene Mörtel ſoll ſofort unter Waſſer gebracht und nach 2, 3, 4 und 5 Tagen in der Weiſe geprüft werden, daß ermittelt wird, mit welcher Belaſtung die obige Normalnadel den Mörtel durchdringt, wobei die angewendete Doſe jedoch nicht über 4 cm hoch ſein darf.

4) Raumbeſtändigkeit:

108. Raumbeſtändigkeit.

α) Portlandzement:

a) Zur Gewinnung eines raſcheren Urteiles über die Raumbeſtändigkeit von Portlandzement bei Erhärtung im Waſſer oder im vor Austrocknung geſchützten Zuſtande wird die einfache Darrkuchenprobe empfohlen, welche wie ſolgt auszuführen iſt:

Der Zement wird mit Waſſer zu einem Brei von Normalkonſiſtenz angerührt und auf einer ebenen, dünnen Glasplatte zu Kuchen von 8 bis 10 cm Durchmeſſer und etwa 2 cm Dicke ausgegoſſen.

[83]) Die Normalnadel wurde von *Tetmajer* in die gegenwärtige Form gebracht.

Zwei dieser Kuchen, welche zur Vermeidung von Schwindrissen vor Austrocknung zu schützen sind, werden nach 24 Stunden, jedenfalls aber erst nach erfolgtem Abbinden, mit ihrer ebenen Fläche auf einer ebenen Metallplatte ruhend, einer Temperatur von 110 bis 120 Grad so lange (mindestens aber 1 Stunde lang) ausgesetzt, bis keine Wasserdämpfe mehr entweichen.

Zeigen die Kuchen nach dieser Behandlung weder Krümmungen noch Kantenrisse, so ist das betreffende Bindemittel als raumbeständig zu betrachten; im anderen Falle ist das Resultat der jetzt allgemein gebräuchlichen Kuchenprobe auf Glasplatten abzuwarten, welche als entscheidend gilt.

Bei Anwesenheit von mehr als 3 Vomhundert wasserfreiem, schwefelsaurem Kalk (oder entsprechendem Gehalt an ungebundenem Gips) ist die Darrprobe nicht maßgebend.

b) Die entscheidende Probe auf Raumbeständigkeit ist die Kuchenprobe auf Glasplatten (Plattenprobe), welche folgendermaßen auszuführen ist:

100 g des zu prüfenden Zements werden mit Wasser zu einem Brei von Normalkonsistenz angerührt und daraus auf einer ebenen Glasplatte ein Kuchen von etwa 2 cm Dicke geformt. Zwei dieser Kuchen, welche zur Vermeidung von Schwindrissen vor Austrocknung geschützt wurden, werden nach 24 Stunden, jedenfalls aber erst nach erfolgtem Abbinden, unter Wasser aufbewahrt, und es gilt das Bindemittel als raumbeständig, wenn die Kuchen nach Verlauf von 28 Tagen keinerlei Krümmungen oder Kantenrisse zeigen[84]).

c) Die Kochprobe ist als unbedingt zuverlässigste und schnellste Probe zur Ermittelung der Volumbeständigkeit für Portlandzement, Schlackenzement und Traß anzusehen.

Die nachstehend beschriebene Ausführung der Kochprobe wurde der Subkommission zur Prüfung und seinerzeitigen Berichterstattung zugewiesen.

50 g des zu prüfenden Zements werden in annähernd Normalkonsistenz, d. h. mit 13 bis 15 g Wasser, eine Minute lang durchgearbeitet und zu den bekannten Glasplattenkuchen (1 cm in der Mitte dick, nach den Rändern dünn auslaufend) angemacht, in einem mit Wasserdampf gesättigten bedeckten Raume 24 Stunden der Erhärtung überlassen, sodann entweder von der Glasplatte gelöst oder auch mit der Glasplatte in ein kaltes Wasserbad verbracht, welches langsam, d. h. in etwa 10 Minuten, zum Sieden gebracht wird, zweckmäßig bei aufgelegtem Deckel zur Beschränkung der Wasserverdampfung. Der Kuchen soll ganz im kochenden Wasser sich befinden; im Falle Wasser nachzugeben ist, soll dieses in kleinen Portionen geschehen, so daß das Wasser immer alsbald wieder auf den Kochpunkt kommt[85]).

Der ständigen Kommission wird ferner empfohlen, bei Prüfung der Methoden zur Ermittelung der Raumbeständigkeit auch die Zementsandmischungen zu berücksichtigen.

Es hatte sich bei Versuchen, welche von *Bauschinger* angestellt worden sind, gezeigt, daß Zemente, welche die „Normalkuchenproben“ (siehe oben, unter b) vollständig bestanden hatten (und zwar nicht bloß nach 28 Tagen, sondern auch nach einem halben und einem ganzen Jahre) in Prismen von 5 qcm Querschnitt und 12 cm Länge, hergestellt im Mischungsverhältnis 1 : 3, im *Bauschinger*'schen Apparat nach einem halben Jahre und später schon beim Besichtigen mit bloßem Auge deutliches und starkes Treiben zeigten.

β) Hydraulische Kalke und Romanzemente.

a) Für diese wird die unter α, b angeführte Plattenprobe unter Wasser anempfohlen.

b) Die Würdigung der Kochprobe (siehe unter α, c) für diese hydraulischen Bindemittel wird der ständigen Kommission anheimgegeben.

γ) Puzzolane (Traß).

a) Für dieselbe wird die folgende Methode empfohlen.

Eine Mischung von 2 Gewichtsteilen Puzzolane (Traß), 1 Gewichtsteil Kalkhydratpulver und 1 Gewichtsteil Wasser wird in eine oben offene, nach unten sich etwas verjüngende, starkwandige Metalldose (verzinktes Eisenblech) von 3 bis 4 cm

[84]) Siehe darüber jedoch: Baumaterialienkde. 1901, S. 413.

[85]) Siehe hierüber: Versuche über die Raumbeständigkeit von Portlandcement. Baumaterialienkde. 1903, S. 292 — besonders auch: Die Prüfung der hydraulischen Bindemittel auf Volumenbeständigkeit durch die Kochprobe oder mittels warmer Bäder. Ebendas., S. 414.

Höhe und 6 bis 8 cm oberer Weite eingefüllt, glatt abgestrichen und sofort in ein mit Wasser gefülltes Gefäß gesetzt, so daß das Wasser 2 cm hoch über dem oberen Rande der Dose steht. Der erhärtende Mörtel darf weder über den Rand der Dose hervorstehen, noch sich wölben. Die Dose muß einen festen Boden haben, damit der Mörtel sich nur nach oben hin ausdehnen kann.

b) Die Kochprobe ist als unbedingt zuverlässigste und schnellste Probe zur Ermittelung der Raumbeständigkeit auch für Traß anzusehen (vergl. oben, unter α, c).

5) Festigkeitsproben:

109. Festigkeit.

α) Für alle hydraulischen Bindemittel mit Ausnahme der Puzzolane (Traß).

a) Die Festigkeitsproben sollen an Mischungen von 1 Gewichtsteil des Bindemittels mit 3 Gewichtsteilen Sand gemacht werden. Es ist jedoch wünschenswert, daß auch Proben mit höherem Sandzuschlag ausgeführt werden.

b) Der zu verwendende Sand soll Normalsand sein, zu erzeugen aus möglichst reinem Quarzsande.

Normalsand im engeren Sinne, d. h. solcher, auf den alle Vergleiche sich beziehen sollen, ist der Sand von Freienwalde, der durch Drahtsiebe von 60 und 120 Maschen gesichtet ist.

Den anderen Ländern, außer Preußen, soll es überlassen bleiben, sich ihren Normalsand zu beschaffen, und zwar womöglich derart, daß er mit jenem Normalsand von Freienwalde von gleicher Wirkung in bezug auf die erzielten Festigkeitsresultate sein soll. Ist dieses nicht zu ermöglichen, so sollen zweckmäßige Vergleichskoeffizienten zu ermitteln gesucht werden.

c) Die Drahtstärken jener Sandsiebe sollen sein beim

60-	120-Maschensieb
0,38	0,32 mm.

d) Vom Normalsande ist das Raumgewicht mittels des Normallitergefäßes im eingesiebten Zustande festzustellen.

e) Die maßgebende, wertbestimmende Festigkeitsprobe ist die Druckprobe; sie wird an Würfeln mit 50 qcm Querschnittsfläche vorgenommen.

f) Die gewöhnliche Qualitätsprobe (Kontrollprobe für die abzuliefernde Ware) ist die Zugprobe, vorgenommen mittels des deutschen Normalapparats an Probekörpern von der deutschen Normalform mit 5 qcm Bruchquerschnitt.

g) Die Bestimmung der Normalmörtelkonsistenz und die Aufsuchung einer zweckmäßigen maschinellen Herstellung der Probekörper, insbesondere der Bedingungen, durch welche gleiche Dichte der Zug- und Druckkörper erzielt wird, bleibt der ständigen Kommission überwiesen.

Bis auf weiteres können Zug- und Druckkörper von Hand hergestellt werden, und zwar von möglichst gleicher Dichte.

h) Zur Erhebung der Zug- und Druckfestigkeit sind für jede Altersklasse je 6 Probekörper nötig. Das arithmetische Mittel aus den 4 höchsten der gewonnenen Zahlen ist als maßgebend anzusehen.

i) Sämtliche Probekörper müssen die ersten 24 Stunden in einem mit Wasserdampf gesättigten Raume in der Luft, die übrige Zeit bis unmittelbar vor Vornahme der Probe unter Wasser von der Temperatur 15 bis 18 Grad C. aufbewahrt werden, das alle 7 Tage zu erneuern ist.

β) Als maßgebende Probe wird für sämtliche Bindemittel die 28-Tagesprobe angesehen.

Zur Beurteilung der Qualität in kürzerer Zeit kann für Portlandzement auch die Festigkeit des Mischungsverhältnisses 1 : 3 nach 7 Tagen ermittelt werden.

(Auf dem Kongreß zu Budapest im Jahre 1901 war zur vorläufigen Übersicht über die Kraftentfaltung des Portlandzements die 6tägige Warmwasserprobe für Zug- und Druckfestigkeit empfohlen worden. „Die aus 1 Gewichtsteil Portlandzement und 3 Gewichtsteilen Normalsand anzufertigenden Probekörper sind nach ihrer Erzeugung für die Dauer von 24 Stunden zum Schutze gegen Zugluft und Einwirkung der Sonnenstrahlen in einem geschützten, feuchtgehaltenen Schrank aufzubewahren. Das Warmwasserbad ist nach Einlegung der Probekörper von 15 Grad C. innerhalb 2 Stunden allmählich auf 100 Grad zu erwärmen und auf dieser Temperatur zu halten. Das Wasser ist nach 3 Tagen durch frisches von derselben Temperatur zu erneuern“ [90]).

[90]) Siehe: Baumaterialienkde. 1902, S. 5.

Bezüglich der Beurteilung der Qualität in noch kürzerer Zeit, in 3 Tagen, beschloß die Konferenz in Wien:

Die Proben mit reinem Zement (Portland- und Schlackenzement) bieten allein keine hinreichende Grundlage für die richtige Beurteilung dieser Produkte.

Die mit Normalsand im Gewichtsmischungsverhältnisse von 1 : 3 hergestellten Probekörper bieten zwar keine hinreichend sichere Grundlage für die Beurteilung des vollen Wertes bei Portland- und Schlackenzementen, lassen aber immerhin einen beiläufigen Schluß auf die Güte des Materials ziehen, und es wird deshalb die Einführung der 3-Tagesandprobe empfohlen.

Hierbei empfiehlt die Konferenz, es mögen zur Herstellung der Probekörper nur solche Maschinen verwendet werden, die es möglich machen, bei Aufwendung der normalen Rammarbeit sowohl Zug- als Druckproben in möglichst gleicher Zeit herzustellen.

Der zur Verwendung gelangende Normalsand hat natürlich vorkommender reiner Quarzsand zu sein.

Zur Prüfung der Druckfestigkeit sind Präzisionsmaschinen zu verwenden.

110. Adhäsionsfestigkeit.

6) Adhäsionsfestigkeit: Die Ermittelung genügender Prüfungsmethoden, bei denen womöglich der deutsche Normal-Zugfestigkeitsapparat verwendet werden soll, bleibt der ständigen Kommission überlassen.

111. Ausgiebigkeit.

7) Ausgiebigkeit verschiedener hydraulischer Bindemittel bei der Mörtelbereitung:

Die Ausgiebigkeit des Mörtels wird entweder mittels des bekannten Mörtelvolumenometers ermittelt oder rechnungsmäßig nach *Stahl*'s Methode. In bezug auf letztere muß auf das XIV. Heft der „Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der Technischen Hochschule zu München" (München 1886), S. 252—270, verwiesen werden.

112. Einwirkung des Meerwassers.

8) Einwirkung von Meerwasser auf hydraulische Bindemittel; infolge eines Vortrages, den Herr Professor *Debray* auf der Berliner Konferenz hielt, wurde der ständigen Kommission die Aufgabe gestellt: Ermittelungen über die Einwirkung des Meerwassers auf hydraulische Bindemittel anzustellen.

Bei der Berichterstattung hierüber auf der Wiener Konferenz zeigte sich eine Meinungsverschiedenheit schon betreff der Form der Probestücke und der Art der Durchführung der Proben. Deshalb wurde die Frage an die Subkommission zurückgewiesen und derselben anheimgestellt, die Methoden zur Prüfung sich selbst zu wählen. Bei den Versuchen sollen auch hochmagere Feinsandmischungen berücksichtigt werden. Die Frage ist bis heute noch nicht genügend geklärt. Seitens des preußischen Staates werden auf der Insel Sylt in nächster Zeit darüber Untersuchungen angestellt werden.

d) Mörtel aus hydraulischem Kalk.

113. Aktive und passive Verwendung.

Je nachdem hydraulischer Kalk, also kohlensauerer Kalk mit 18 bis 25 Vomhundert Ton, in Stücken oder in Pulverform in den Handel kommt, ist auch die Art seiner Bereitung zu Mörtel verschieden. Hydraulischer Stückkalk kann entweder durch Begießen mit Wasser oder durch Tränken in Wasser zu Staub gelöscht und entweder noch während des Löschvorganges zu fertigem Mörtel gemischt und verbraucht werden: er wird aktiv verwendet und bindet dabei unter Erwärmen rasch und von innen nach außen ab; oder er wird als gelöschtes Pulver nach dem Löschvorgang benutzt und erhärtet ohne Wärmeentwickelung und ohne scharfe Grenze des Erhärtungsbeginnes: er wird passiv verwendet.

Im ersten Falle werden die Stücke auf einem ebenen Bretterboden in runde, flache, etwa 50 cm hohe Haufen geschichtet und um diese gemessenen Haufen der zur Mörtelbereitung nötige Sand in abgemessenem Verhältnis aufgehäuft. Sodann wird der Kalk mit der entsprechenden Menge Wasser begossen, während des Löschens unter sparsamer Wasserzugabe der Sand eingemischt und tüchtig durchgearbeitet und die Mischung noch warm so rasch als möglich vermauert. Auf diese Weise, die besonders bei den Italienern gebräuchlich ist, bindet selbst gewöhnlicher Luftkalk bei geschickter Verarbeitung noch hydraulisch ab. Es bildet sich unter Beschränkung des Aufquellens kristallinisches Kalkhydrat in der hydrau-

lifchen Form, und im Grunde genommen ift aktiver Mörtel dasfelbe wie *Loriot*-fcher Mörtel.

114. *Loriot*'fcher Mörtel.

Der *Loriot*'fche Mörtel wird heute wohl nur ausnahmsweife in der Praxis verwendet. Er wird dadurch hergeftellt, daß in fertig mit dem Sandzufatz angemachten Luftmörtel eine genau beftimmte Menge frifch gebrannten ungelöfchten Kalkes in Mehlform gemifcht wird, und zwar fo viel, wie das Gewicht des Gehaltes des Mörtels an Ätzkalk beträgt, alfo bei einem Mifchungsverhältnis von 1 Teil Kalkbrei zu 3 Teilen Sand etwa $^1/_2$ Teil Ätzkalkpulver.

Der beigemifchte Ätzkalk entzieht dem Kalkteig fein Quellungswaffer und bewirkt dadurch kräftige Flächenanziehung unter befchränktem Entgegenquellen des fich hydratifierenden Kalkzufatzes und unter Bildung hydraulifchen Kalkhydrats. Diefe ohne irgend welche chemifchen fog. Hydraulefaktoren eintretende hydraulifche Verkittung ift fo kräftig, daß *Loriot*'fcher Mörtel aus 1 Gewichtsteil Ätzkalk und 8 Gewichtsteilen Sand fchon nach einer Stunde Erhärtung 3^{kg} Zugfeftigkeit für 1^{qcm} aufweift. Dadurch erklärt fich auch die fo auffallende Wirkung der fog. verlängerten Zementmörtel, bei denen ebenfalls einem Luftmörtel nicht hydratifierte Zufchläge zugefetzt werden. Auch die Wirkung der hydraulifchen Zufchläge wird durch Verwendung von Ätzkalk fehr befördert. Hiervon foll fpäter noch weiter die Rede fein.

115. Wirkungsweife des hydraulifchen Mörtels.

Der lebendige, d. h. ungelöfchte Kalk fpielt überhaupt fchon bei den Rezepten des *Palladius* für Kitte eine wichtige Rolle, und zwar ftets in Verbindung mit einer kolloidal quellfähigen oder einer echten Kolloidfubftanz, die allmählich bis zur Verflüffigung aufquellen kann, bei Entziehung des Quellungswaffers fich aber als fefte Hülle niederfchlägt. Ochfenblut, Eiweiß, Milch ufw. gehören hierher und ebenfo die durch das Brennen aufgefchloffene Kiefelfäure und Tonerde. Damit ift auch die Erklärung der Wirkungsweife der hydraulifchen Kalke gegeben.

Wird der hydraulifche Kalk nicht aktiv, fondern nach Beendigung des Löfchvorganges paffiv verwendet, fo tritt das bis zur Flächenanziehung und damit zum Abbinden gehende Aneinanderquellen der Hydraulefaktoren nur allmählich ein, und bis zu diefem Augenblick kann der Mörtel durch bewegtes Waffer zerfchlämmt und feine Wirkfamkeit aufgehoben werden. Man läßt daher folchen Kalk ftets vorher abbinden, bevor er dem Waffer ausgefetzt wird.

116. Löfchverfahren.

Das Löfchverfahren ift hierbei entweder das des Eintauchens oder des Befpritzens. Beim Eintauchen werden mit Stückkalk gefüllte, grobmafchige Drahtkörbe von etwa 20^{l} Inhalt mittels Winden in waffergefüllte Gruben getaucht, etwa eine Minute bis zum Vollfaugen darin belaffen und dann in Haufen oder Behälter geftürzt, welche zwecks Zufammenhaltens der Wärme mit grober Leinwand, Strohdecken oder einer Sandfchicht bedeckt werden.

Das Löfchverfahren mittels Befpritzens wird derart ausgeführt, daß der Kalk in etwa 3,50^{m} lange, 1,60^{m} breite und 0,25^{m} hohe Kalkbänke gebracht, dort in kleinere Stücke zerfchlagen und 10 bis 15^{cm} hoch aufgefchüttet wird. Hierauf wird der Kalk mittels Gießkanne bebrauft, eine Stunde fich felbft überlaffen und abermals begoffen. Nach weiterem Stehen, 1 bis 1$^1/_2$ Stunde lang, ift gut gebrannter Kalk fertig. Dann wird derfelbe 10 bis 15^{cm} hoch mit Sand bedeckt und bis zur Verwendung 24 Stunden lang ftehen gelaffen. Hierauf wird die Sanddecke entfernt und der Kalk gefiebt. 1^{cbm} weftfälifcher hydraulifcher Kalk in Stücken von Fauftgröße von 900^{kg} Gewicht braucht hierbei 34 Vomhundert Waffer und gibt 2^{cbm} Staubkalk von 630^{kg} für 1^{cbm} Gewicht.

Dieses Verfahren ist besonders in Norddeutschland verbreitet. In der Schweiz und in Frankreich macht man dünne Lagen von nur 5 bis 6 cm Höhe, bebraust sie nur einmal und schichtet darüber so lange Schicht für Schicht, bis eine Höhe von oft über 2 m erreicht ist. An anderen Orten füllt man den Kalk in Körbe von Weidengeflecht oder durchlochtem Blech, taucht sie in Wasser, damit sich der Kalk vollsaugen kann, und läßt ihn hierauf an der Luft zu Pulver zerfallen. Die durch Sieben übrigbleibenden Tonknötchen können zermahlen und dann in entsprechender Menge dem Kalkpulver zugemischt werden.

117. Staubkalk.

Da am Bauplatze das Löschen sehr umständlich, das Sieben mit lästiger Staubentwickelung verbunden ist, da stets ein mehr oder weniger großer Bruchteil nicht zu Staub gelöschten Kalkes übrig bleibt, und da außerdem sich nur solche hydraulische Kalke gut löschen, die weniger hydraulische Eigenschaften haben, so ist mit Recht in den Ländern, wo die Verwendung von hydraulischem Kalk vorherrscht und die Benutzung von Luftkalk in den Hintergrund gedrängt ist, wie in der Schweiz und in Frankreich, der Verbrauch des hydraulischen Kalkes in Stücken aufgegeben, und es wird nur Staubkalk in den Handel gebracht.

Man unterscheidet dabei leichten hydraulischen Kalk (*Chaux hydraulique légère*), der aus Kalkmergeln gewonnen wird, die sich nach dem Brennen noch größtenteils zu Mehl löschen, oder der den Anteil von nicht ganz zu Mehl löschendem Mergel darstellt, welcher durch Absieben gewonnen wird. Im Gegensatz hierzu steht der schwere hydraulische Kalk (*Chaux hydraulique lourde*), der sich nur unvollkommen löscht und meist die schärfer gebrannten und mehr Hydraulefaktoren enthaltenden Mergelsorten in sich begreift, für sich gemahlen wird und ein sehr wertvolles hydraulisches Bindemittel darstellt, das vielfach dem Portlandzement nahe steht. Zwischen beiden in der Mitte steht der gemischte hydraulische Kalk (*Chaux hydraulique mixte*), der aus den teilweise löschenden Kalkmergeln gewonnen wird und die löschenden und nicht löschenden Anteile gemengt enthält. Der leichte hydraulische Kalk geht ohne scharfe Grenze in den nicht hydraulischen mageren Kalk über und wird gewöhnlich zu Luftmörtel verwendet. Der schwere und der gemischte hydraulische Kalk stellt ein erdigkörniges, gelblich-graues Pulver dar, das sich beim Anmachen mit Wasser nicht erwärmt. Er bindet stets langsam ab, oft erst nach Ablauf von über 24 Stunden, und besitzt die Eigenschaft, bei mit der Zeit wachsender Festigkeit luft- und wasserbeständig zu sein. Das Einheitsgewicht liegt meist unter 2,9; sein Wassergehalt, bezw. Glühverlust beträgt in der Regel 8 bis 10 Vomhundert.

118. Verwendung.

Hydraulischer Kalk wird sowohl zu Hochbauten, wie zu Tiefbauten benutzt und gibt auch einen Beton, der sehr billig in der Herstellung ist, allerdings langsam erhärtet, schließlich aber eine Festigkeit annimmt, die für Gründungen in den gewöhnlichen Fällen vollständig ausreicht. Durch seine Eigenschaft, rasch trocknendes Mauerwerk bei bedeutend größerer Festigkeit, als solche in Luftkalk zu erzielen ist, unter Verminderung der Mauerstärken ohne Mehrkosten herstellen, und durch die Bequemlichkeit, damit sehr frostbeständigen Putzmörtel gewinnen zu können, ist seine Anwendung in den genannten Ländern so allgemein, daß man die Vorteile derselben auch in Deutschland mehr würdigen sollte, als bisher geschah[87]. In Deutschland wird statt hydraulischen Kalkes meistens verlängerter Zementmörtel verwendet.

119. Ausgiebigkeit.

Die Ausgiebigkeit des hydraulischen Kalkes hängt selbstverständlich mit der Menge Sand zusammen, die damit gemischt wird. Auch bei diesem bedingt der

[87] Siehe auch: KUNTZE, R. Die hydraulischen Bindemittel Norddeutschlands. Centralbl. d. Bauverw. 1891, Nr. 51.

Verwendungszweck das Verhältnis. So braucht man bei Verwendung des ſchweren hydrauliſchen Kalkes von *A. Fleiner* in Aarau zu 1 cbm Mörtel

bei 1 Raumteil Kalk zu	2 Raumteilen Sand	460 kg	hydrauliſchen Kalk
„ 1 „ „	„ 3 „ „	340 „	„ „
„ 1 „ „	„ 4 „ „	275 „	„ „
„ 1 „ „	„ 5 „ „	210 „	„ „ .

120. Feſtigkeit

Bezüglich der Erhärtungsvorgänge ſei betont, daß der Widerſtand gegen Waſſer durch vorher begonnene Lufterhärtung unter Aufnahme von Kohlenſäure begünſtigt wird, daß aber das Fortſchreiten der Erhärtung auch unter Abſchluß der Kohlenſäure dadurch ſtattfindet, daß kolloidale Kieſelſäure und Tonerde den am Quellen teilweiſe verhinderten Kalk durch Flächenanziehung als mineraliſcher Leim verkitten und daß ſich daraus allmählich kriſtalliniſche Verbindungen bilden. Dadurch ſind auch die verhältnismäßig hohen Feſtigkeiten zu erklären, die hydrauliſcher Kalk erlangt.

Die ſchweizeriſchen Normen für hydrauliſche Bindemittel ſchreiben in dieſer Richtung vor:

Hydrauliſcher Kalk, der eine Siebfeinheit beſitzen ſoll, daß der Siebrückſtand auf dem 900-Maſchenſiebe nicht mehr als 20 Vomhundert beträgt, wird aus 1 Gewichtsteil Kalk mit 3 Gewichtsteilen Normalſand und 12 Vomhundert Waſſer von der Geſamtmiſchung normengemäß zu Zug- und Druckproben verarbeitet. Die Proben werden nach dreitägiger Lufterhärtung unter Waſſer gebracht. Die Zug- und Druckfeſtigkeiten ſollen nach einer Erhärtungszeit von zuſammen 28 Tagen bei einem guten hydrauliſchen Kalk mindeſtens betragen:

	Zugfeſtigkeit	Druckfeſtigkeit
für leichten hydrauliſchen Kalk	6,0 kg für 1 qcm,	30,0 kg für 1 qcm,
für ſchweren hydrauliſchen Kalk	8,0 „ „ 1 „ ,	50,0 „ „ 1 „ .

Man kann die Durchſchnittsmörtelfeſtigkeit von gutem hydrauliſchem Kalk (mit 3 Teilen Sand), 72 Stunden in feuchter Luft, die übrige Zeit unter Waſſer gelagert, annehmen:

	nach 7	28	365 Tagen:
für Zug	$4^1/_2$	7	21 kg für 1 qcm,
für Druck . . .	25	48	135 „ „ 1 „ .

Insbeſondere werden im franzöſiſchen und ſchweizer Jura hydrauliſche Kalke hergeſtellt, deren Zug- und Druckfeſtigkeit die Normenfeſtigkeiten von Portlandzement erreichen, nämlich bis 18 kg Zugfeſtigkeit und über 150 kg Druckfeſtigkeit. Der vorzüglichſte hydrauliſche Kalk iſt der *Chaux du Theil* mit 22,59 Vomhundert Kieſelſäure, 2,63 Vomhundert Tonerde, 0,84 Vomhundert Eiſenoxyd und 1,54 Vomhundert Magneſia. Seine Haltbarkeit in Seewaſſer iſt eine großartige. Im allgemeinen jedoch iſt die Druckfeſtigkeit nach 28 Tagen etwa halb ſo groß wie bei Portlandzement, ſteigt indes mit längerer Erhärtung bedeutend und beträgt nach 210 Tagen etwa ſo viel wie die 28-Tagefeſtigkeit von Portlandzement. Dadurch erhellt ſchon der große Vorteil der Verwendung von hydrauliſchem Kalk in Pulverform gegenüber dem norddeutſchen Waſſerkalk in Stücken. Bei den Verſuchen in der kgl. Prüfungsſtation in Berlin zeigte ſich für Waſſerkalk von Lengerich, daß derſelbe bei einer Miſchung von 1 Raumteil hydrauliſchem Kalk zu $1^1/_2$ Raumteilen Normalſand nach 28 Tagen für Waſſerproben nur 3,11 kg Zug- und 13,98 kg Druckfeſtigkeit, für Luftproben 3,58 kg Zug- und 16,02 kg Druckfeſtigkeit ergab.

Der norddeutſche hydrauliſche Stückkalk ſtellt alſo ein wenig ſelbſtändiges Bindemittel dar und entſpricht in ſeinen Feſtigkeitsverhältniſſen mehr dem Luftkalkmörtel; dagegen wird er in Verbindung mit hydrauliſchen Zuſchlägen, wie

Traß und granulierter Hohofenschlacke, zu einem wertvollen Bindemittel, wovon später die Rede sein wird. Auf seine Raumbeständigkeit prüft man den hydraulischen Kalk am zweckmäßigsten durch warme Bäder von 50 Grad C.; zeigen sich nach 6 bis 8 Stunden an den Probekuchen keinerlei Verkrümmungen, Netz- oder Kantenrisse, so ist das Material frei vom schädlichen Treiben.

Wird hydraulischer Kalk statt Luftkalk zur Herstellung von Kunststeinen ähnlicher Art, wie im vorigen Artikel aufgeführt, verwendet, so wird die Güte derselben wesentlich verbessert.

e) Mörtel aus Magnesiazementen.

121.
Eigenschaften.

Der aus magnesiahaltigen Kalksteinen, den Dolomiten, gebrannte Zement wird meist zu den Romanzementen gerechnet, doch nicht ganz mit Recht. Der Bestandteil an Magnesia ist meist ein sehr hoher, bis 45 Vomhundert. Diese Zemente haben die Eigenschaft, in Gegenwart von kohlensaurem Kalk unter Wasser zu erhärten. Das Brennen muß vorsichtig und nur soweit geschehen, daß die Kohlensäure der Magnesia ausgetrieben wird; sonst bildet sich Ätzkalk, welcher keinerlei hydraulische Eigenschaften besitzt. Nur bei einem Rohmaterial, welches auch noch einen höheren Tongehalt besitzt, kann man beim Brennen über 400 Grad C. hinausgehen. Man kann aber auch, um diesen Hitzegrad nicht zu ängstlich einhalten zu müssen, nach *Michaëlis* dem fertigen Kalkpulver etwas aufgeschlossenes Silikat, z. B. in Gestalt von Ziegelmehl, beimischen. Magnesiazemente löschen sich nicht, sondern müssen zu Pulver gemahlen werden. Ihre Festigkeit liegt in der Mitte zwischen den hydraulischen Kalken und dem Romanzement.

f) Mörtel aus Romanzement.

122.
Eigenschaften.

Romanzement ist aus Mergeln von bestimmter Zusammensetzung unter der Sinterungstemperatur erbrannt, besitzt erdige Struktur und vorwiegend gelblich-graubraune Farbe. In Wasser löscht er sich nicht und wird nur ohne vorherigen Wasserzusatz als Pulver in Handel gebracht. Er ist dasjenige hydraulische Bindemittel, das einen raschen Verlauf des Abbindevorganges besitzt und daraus seine kennzeichnende Verwendungsart schöpft. Da der Abbindevorgang eben so rasch unter Wasser, wie an der Luft sich vollzieht, so eignet sich Romanzement in erster Linie zu Wasserbauten und ist überall dort allen anderen Bindemitteln vorzuziehen, wo es sich in erster Linie um Dichten von Wasserandrang und Trockenlegen, in zweiter Linie erst um Festigkeit handelt.

Romanzement bindet in der Regel rasch ab, meist schon in wenigen Minuten, und heißt dann rasch bindend (*Ciment Romain prompt*), oder er bindet halb langsam (*Ciment demi-lent*), d. h. nach mehr als 15 Minuten, unter meist nicht unbeträchtlicher Erwärmung während des Abbindens, seltener langsam ab (*Ciment lent*) und ist dann meist ein Gemenge mit gesintertem natürlichen Portlandzement. Mit dem Anfangen des Abbindens oder dem Erhärtungsbeginn beginnt die Temperaturerhöhung, und mit dem Aufhören der Temperaturerhöhung ist auch das Abbinden vollendet.

Nicht selten zeigen Romanzemente die Eigentümlichkeit des Nachlassens (*Relâchement*). Dieses tritt meist bei unrichtig gebranntem oder nicht homogenem Material in der Form ein, daß die Bindekraft nach anfänglich hoher Stufe einige Zeit — Minuten, Stunden, ja Tage — darauf abnimmt; auch die Zugfestigkeit geht merklich zurück, um nach einiger Zeit wieder aufzusteigen und dann regel-

recht nachzuhärten. Diefe Eigentümlichkeit macht fich praktifch unliebfam bemerkbar bei Gußarbeiten aus Romanzement, befonders bei Röhren. Normaler Romanzement muß eine ftets auffteigende Erhärtung zeigen.

Eine weitere Eigentümlichkeit von Romanzement muß bei der praktifchen Verwendung unbedingt berückfichtigt werden, wenn die Vorteile diefes Bindemittels voll ausgenutzt werden follen. Er muß fo rafch verarbeitet werden, daß die Arbeit vollendet ift, der Mörtel an feiner Stelle fitzt, fobald das Abbinden eintritt. Nur dann wird die erreichbar größte Feftigkeit im Anfange der Erhärtung erzielt, auf die es gerade hier meift ankommt. Die kräftige Anfangserhärtung hängt ebenfo mit der Verwendung im aktiven Zuftand zufammen wie beim *Loriot*'fchen Mörtel. Da Romanzement aus einem erdig lockeren, an Kiefelfäure und Tonerde in amorphem Zuftande reicheren Pulver befteht, fo nimmt diefes fchwammartig weit mehr Waffer auf, als zur Bildung eines Teiges wirklich nötig ift, ohne fich ftark zu verflüffigen und das Waffer beim Abbinden abzuftoßen. Nach dem Abbinden verdunftet entweder bei Lufterhärtung ein großer Teil des zugefetzten Waffers oder bleibt als Porenwaffer zurück, in beiden Fällen ohne zur Feftigkeit irgend etwas beizutragen, wohl aber um die Feftigkeitsziffer im Einheitsquerfchnitt fehr herabzudrücken. Tatfächlich läßt fich Romanzement fowohl mit 35 Vomhundert Waffer, als noch mit 70 Vomhundert Waffer mifchen, ohne daß das Abbinden verhindert und Waffer abgeftoßen würde. Selbftredend ift aber auch die Feftigkeit im zweiten Falle eine fehr geringe und dafür die Ausgiebigkeit eine beinahe doppelt fo große. Bei keinem anderen Bindemittel fpringt die goldene Regel *Vicat*'s: „der fteiffte Mörtel ift der befte", fo in die Augen wie beim Romanzement. Und die fo häufige Nichtbefolgung der Vorfchrift, den Romanzementmörtel aktiv zu vermauern, verfchlechtert unfehlbar die Ergebniffe, weil fie zur weiteren Wafferzufuhr zwingt, um den geftehenden Mörtel nochmals knetbar zu machen. Häufig aber wird überhaupt dann der Verwendungszweck nicht mehr erfüllt; denn abgebundener Romanzement verhält fich genau wie hydraulifcher Kalk und bindet nur langfam ab, ohne wefentliche Erhärtung aufzuweifen, wenigftens in der erften Zeit. Später erhärtet er ftark nach, ebenfo wie hydraulifcher Kalk, befitzt aber in hohem Grade den Fehler der Schwindriffigkeit. Aus allem geht hervor, daß Romanzement fehr forgfältig gelagert werden muß, weil er begierig Waffer und Kohlenfäure aufnimmt.

123. Mörtelbereitung.

Die Notwendigkeit, Romanzementmörtel aktiv zu vermauern, bedingt auch die Art der Mörtelbereitung. Trockener Sand und Romanzement werden vorerft innigft mittels Durchfchaufeln gemifcht, und zwar ftets in geringen Mengen; aus der Mifchung wird ein runder Haufen auf undurchläffiger Unterlage gebildet, feine Mitte fo ausgehöhlt, daß die nötige Waffermenge darin eben Platz hat, ohne über die Ränder des Haufens überzufließen, hierauf von allen Seiten rafch die Mifchung nach der Mitte gekrückt und fo rafch als möglich und fo energifch als möglich durchgearbeitet. Da Romanzement hauptfächlich zur Herftellung wafferdichten Mörtels Anwendung finden foll, wird die Mifchung ftets fatt genommen, d. h. ftets mindeftens fo viel Zement, als in Breiform die Zwifchenräume des Sandes auszufüllen vermag, in der Regel 40 bis 45 Vomhundert Romanzement auf 55 bis 60 Vomhundert Sand (nach Raumteilen). Zur Verarbeitung von 50 kg Romanzement in 5 Minuten find 3 Mann Bedienung nötig.

Bei Verarbeitung zu Faffadenputz, zu Gefimsarbeiten ufw. macht fich der Arbeiter am beften felbft im Mörtelkaften nur fo große Mengen an, als er in höchftens 5 bis 10 Minuten verarbeiten kann.

Sandzufatz und niedrige Temperatur verlängern dabei die Abbindezeit um ein paar Minuten; dagegen befördern erhöhte Temperatur und abfaugende Unterlage fehr das Abbinden. Es ift daher ftreng geboten, poröfe Mauern aus Backfteinen vorher gut anzunetzen, da fonft das Abfaugen durch die porölen Steine ein plötzliches Zufammenziehen des Mörtels an der Berührungsfläche bewirkt, dadurch Erftarren und Verhinderung der Benetzung und damit der fcheinbaren und fodann der wirklichen Adhäfion hervorruft. Hohle Stellen im Putz und Abfallen von ganzen Schalen, fowie hinterher eintretendes Eindringen von Porenwaffer und die Gefahr des Abfprengens durch fpätere Froftwirkung find die Folgen der Vernachläffigung genügender Benetzung.

Da wohl meiftens der Romanzementputz entweder mit zu viel Wafferzufatz oder erft nach dem Erhärtungsbeginn verwendet wird und infolgedeffen zwifchen der Mauerfläche und der Putzoberfläche beim Trocknen und beim Fortfchreiten der Erhärtung Spannungen eintreten, die zur Bildung von Haarriffen und netzartiger Zerklüftung der Oberfläche führen, fo ift mit Sorgfalt in den erften Tagen Zutritt unmittelbarer Befonnung und trocknenden Luftzuges fo gut als möglich fernzuhalten. Dies gefchieht durch häufiges Befpritzen der Flächen, am beften aber durch Vorhängen naß erhaltener Matten vor die fertige Fläche und bei Gefimfen durch Abdecken mit feuchtem Lehm. Bei Romanzement ift auch nicht felten das Gegenteil von Schwinden, das Treiben, zu beobachten, und er ift daher vor der Verwendung auf feine Raumbeftändigkeit zu prüfen. Bei diefer Prüfung in einem Warmwafferbade von 70 bis 75 Grad C. foll er nach 6 Stunden keinerlei Verkrümmungen oder Netz- und Kantenriffe zeigen.

124.
Ausgiebigkeit.

Die Ausgiebigkeit von Romanzementmörtel hängt bei reinem Zementmörtel ohne Sand, wenn man vom lofe gemeffenen Rauminhalt ausgeht, vom Schwinden des Pulvers bis zur dichteften Lagerung und gleichzeitig von der hierbei verwendeten Waffermenge ab, bei Sandmifchungen jedoch, wenn es fich nicht um magere Mifchungen handelt, nur vom Rauminhalt des lofen Sandes, da bei fatten Mifchungen fämtliche Zwifchenräume des lofen Sandes durch Bindemittel ausgefüllt find.

Bei verfchiedenem Wafferzufatz und verfchiedenen Sanden kommt alfo das verfchiedene Raumgewicht von Romanzement nicht zur Geltung, wie aus nachfolgender Tabelle erhellt.

1 hl Romanzement ergab:

Verfuch	Gewicht von 1 hl lofem Zement	Ausbeute an Mörtel bei Zufatz von						
		Waffer				Sand zu Zement 3:1		
		0,30	0,40	0,60	0,80	*a* (fein)	*b* (gemifcht)	*c* (grob)
A	80	0,61	0,73	0,91	1,10	3,00	2,95	2,90
B	85	0,62	0,75	0,92	1,10	2,95	3,00	2,90
C	90	0,64	0,76	0,92	1,11	2,95	3,00	2,90
	Kilogramm	Hektoliter				Hektoliter		

125.
Feftigkeit.

Die Romanzemente ftehen bezüglich ihrer Feftigkeitsverhältniffe in der Mitte zwifchen hydraulifchem Kalk und Portlandzement. In Öfterreich und in der Schweiz beftehen hierfür einheitliche Beftimmungen für Lieferung und Prüfung, die größtenteils miteinander übereinftimmen, nur in Bezug auf die Höhe der Anforderungen und den Begriff der Bindezeit voneinander abweichen.

Romanzement unterfcheidet fich kennzeichnend vom hydraulifchen Kalk durch den Mangel oder doch nur durch einen Mindeftgehalt von Hydratwaffer, der

5 Vomhundert nie überſteigen ſoll; ferner durch den bezeichneten Augenblick des Erhärtungsbeginnes. Von Portlandzement unterſcheidet ihn außer dem erdigkörnigen Gefüge noch das geringere Einheitsgewicht, das faſt ſtets unter 3,0 liegt.

Normaler Romanzement ſoll ſo fein gemahlen ſein, daß er auf dem 900-Maſchenſiebe höchſten 20 Vomhundert Rückſtand hinterläßt. Beim Anfertigen von Probekörpern wird raſch bindender Romanzement vom Augenblicke der Waſſerzugabe an 1 Minute hindurch bearbeitet; halb langſam bindender ſoll 3 Minuten durchgearbeitet werden. Die Probekörper auf Zug und Druck ſollen Stück für Stück, nicht mehrere auf einmal, gemiſcht und verarbeitet werden. Die Schweiz ſchreibt als Waſſerzuſatz bei Zugproben mit 3 Teilen Normalſand 13 Vomhundert vom Trockengewicht der Miſchung und bei Druckproben 12 Vomhundert für raſch bindenden Romanzement vor, Öſterreich bei Zug- und Druckproben 12 Vomhundert für raſch und langſam bindenden; die Schweiz fordert für langſam bindenden Romanzement bei Zugproben 11 Vomhundert und bei Druckproben 9 Vomhundert Waſſer.

Die Schweiz beſtimmt als ausſchlaggebende Probe die Druckfeſtigkeit einer Miſchung von 1 Gewichtsteil Zement zu 3 Gewichtsteilen Normalſand nach 28 Tagen Waſſererhärtung und fordert hierfür mindeſtens 80^{kg} für 1^{qcm}. Die gewöhnliche Güteprobe iſt die Zerreißprobe bei Miſchung 1:3 nach 28 Tagen. Die Schweiz fordert hierbei für Raſch- und Langſambinder 10^{kg} Zugfeſtigkeit für 1^{qcm}, Öſterreich für Raſchbinder 4^{kg} und für Langſambinder 6^{kg} für 1^{qcm}.

Zu Nachprüfungen wird übereinſtimmend noch die 7-Tageprobe empfohlen. Öſterreich verlangt hierbei an Zugfeſtigkeit 1,5^{kg} für Raſchbinder und 3^{kg} für Langſambinder. In der Schweiz ſind hierüber keine Vorſchriften gegeben; die Verſuche der eidg. Feſtigkeitsanſtalt in Zürich ergaben hierfür zwiſchen 2 und 14^{kg}, im Mittel 7^{kg} Zugfeſtigkeit und zwiſchen 57,8 und 76,7^{kg}, im Mittel 64,2^{kg} Druckfeſtigkeit. Reiner Zement ohne Sand, wie er häufig zu Gußornamenten verwendet wird, gibt für Schweizer Romanzemente nach 7 Tagen im Durchſchnitt 15,5^{kg} (Mindeſtwert 10,5, Größtwert 20,1) Zugfeſtigkeit, nach 28 Tagen 18,8^{kg} (Mindeſtwert 8,9, Größtwert 23,4) Zugfeſtigkeit; ferner an Druckfeſtigkeit nach 7 Tagen 96,7^{kg} (Mindeſtwert 80,6, Größtwert 128,5), nach 28 Tagen 147,1^{kg} (Mindeſtwert 125,6, Größtwert 166,2) für 1^{qcm}. Durchſchnittlich ſind für einen Mörtel mit einer Miſchung von 1:3 die Durchſchnittsfeſtigkeiten anzunehmen:

	nach 7	28	365 Tagen
für Zug	10	15	25^{kg} für 1^{qcm},
für Druck . . .	75	120	225 „ „ 1 „ .

126. Gußarbeiten

Gußarbeiten aus Romanzement werden mit Vorteil aus raſch bindendem Romanzement hergeſtellt, und zwar insbeſondere zu Gußornamenten für Faſſaden in Leimformen, die hierbei ſehr günſtig ausgenutzt werden können und ſehr billige Herſtellung geſtatten. Dabei iſt aber das oben Geſagte über möglichſt beſchränkten Waſſerzuſatz und raſches Verarbeiten nicht außer acht zu laſſen. Als Schutzmittel gegen Kantenbruch, zur Verminderung der Poroſität und als beſtes Mittel gegen das „Nachlaſſen" hat ſich hierbei die Anwendung der *Keßler*'ſchen Fluate bewährt.

127. Röhren

In der Schweiz, in Frankreich und in Italien wird viel Romanzement zur Herſtellung von Waſſerleitungsröhren verwendet. Dabei darf im Hinblick auf die nicht zu vermeidenden Erſchütterungen eine Mindeſtwandſtärke von 5^{cm} nicht unterſchritten werden; die Modelle ſollen ſtets ſtehend angewendet werden, um

möglichft fteifen Brei verwenden zu können. Das Mifchungsverhältnis von Zement, Sand und Kies ift hierbei nicht höher als 1 Raumteil Zement, 2 Raumteile Sand und 3 bis 4 Raumteile Kies von 2 bis 3 cm Korngröße. Die gebräuchlichften Lichtweiten find hierbei

6, 9, 12, 15, 18, 24, 30, 45, 60 Centimeter.

128. Kunftfteine.

Kunftfteine werden meift in Holzmodellen unter verringertem Waffer- und vermehrtem Sandzufatz geftampft und erhalten mit Vorteil zur Regelung der Bindezeit und zur Erhöhung der Feftigkeit einen Zufatz von 20 bis 25 Vomhundert Portlandzement von der verwendeten Gewichtsmenge Romanzement.

g) Mörtel aus Portlandzement.

129. Kennzeichnende Eigenfchaften.

Mit dem Portlandzement beginnen die künftlichen hydraulifchen Zemente. Portlandzement ift, nach der Begriffserklärung des Vereins deutfcher Portlandzementfabrikanten, ein Erzeugnis, entftanden durch innige Mifchung von kalk- und tonhaltigen Stoffen als wefentlichen Beftandteilen, darauffolgendes Brennen bis zu Sinterung und Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit.

Portlandzement gibt unter allen hydraulifchen Bindemitteln wegen der gefinterten, halbglafigen Befchaffenheit und wegen des flachfplittrigen Gefüges feiner Teilchen, die unter engfter Lagerung bei Wafferzufatz das geringfte Aufquellen und damit die günftigften Bedingungen für Erhärtung geben, das kräftigfte Verkittungsmittel und damit die größte Selbftfeftigkeit an fich, als auch die größte Sandfeftigkeit. Je feiner die Mahlung, defto größer wird dabei die Anzahl der Verkittungsflächen und damit die Verkittungskraft. Wo es fich um möglichft hohe Anfangsfeftigkeit, Froftfeftigkeit in der erften Zeit der Erhärtung oder Widerftandsfähigkeit gegen Abnutzung zu allen Konftruktionen unter Waffer, als auch an der Luft handelt, ift Mörtel aus Portlandzement zu verwenden.

Bei Wafferbauten ift, wo immer möglich, dafür zu forgen, daß der Portlandzement abgebunden hat, bevor derfelbe der Einwirkung des Waffers ausgefetzt wird. Auch hier offenbart fich die Wirkung des *Stefan*'fchen Gefetzes, und zwar in der Weife, daß das blättrige Gefüge des dichten Pulvers durch die Feinheit des fpezififch fchwerften Bindemittels im Waffer das Auffchlämmen und Schwimmen befördert und, da das Aufquellen nur oberflächlich langfam erfolgt, das Eintreten der Flächenanziehung verhindert, bezw. verzögert wird. In ruhigem Waffer dagegen bewirken gerade das hohe Eigengewicht und das blättrige Gefüge dichtere Aneinanderlagerung und damit Eintreten des Erhärtungsbegriffes. Damit hängt auch eine wertvolle Eigenfchaft des Portlandzement-Mörtels zufammen, nämlich das Ausftoßen überfchüffigen Waffers beim Erhärtungsbeginn, fo daß auch dünnflüffiger Mörtel dichte Lagerung annimmt und die Feftigkeit durch vermehrten Wafferzufatz nur unerheblich gefchwächt wird, jedenfalls in viel geringerem Grade als bei anderen Bindemitteln.

130. Gefüge und Farbe.

Selbft fehr fein gemahlener Portlandzement ift ein fcharfes Pulver, welches aus mikrofkopifch feinen, unregelmäßigen, fplitterigen und fcharfkantigen Plättchen und Körnchen befteht. Die Farbe wechfelt von lichtgrau bis fchwarzgrün; unter dem Mikrofkop unterfcheidet man jedoch in der Hauptfache weiße Körnchen (Verbindungen von Kalkfilikat und Aluminat), die verdeckt wird durch fchwarzbraunen Eifenoxydkalk, grünliche Manganate und gelbrot oder grün gefärbte Schwefelverbindungen.

Je feiner die Mahlung des Zements ist, um so leichter, schneller und kräftiger wird das Wasser auf die einzelnen Körnchen einwirken und um so inniger wird ihre Anlagerung an die Sandkörnchen und desto dichter die Ausfüllung der Lücken zwischen ihnen stattfinden und eine um so erhöhtere Festigkeit des Mörtels erreicht werden. In Deutschland bestimmt man die Feinheit der Mahlung durch zwei Siebe von 900 und 4900 Maschen auf 1 qcm (in Frankreich richtiger von 5000), von denen man sich des ersteren, weil veraltet, überhaupt nicht mehr bedienen sollte.

131. Feinheit der Mahlung.

Das Einheitsgewicht des scharfgesinterten Portlandzements beträgt in der Regel mehr als 3,1; sein Glühverlust ist meist geringer als 2 Vomhundert. Steigt der Glühverlust bis 5 Vomhundert, so ist der Zement entweder mit Wasser vor dem Vermahlen abgespritzt oder zu lange Zeit gelagert oder zu schwach gebrannt. Dann beträgt auch das Einheitsgewicht weniger als 3,1. Mit der dichten Struktur und bloß oberflächlichen Quellung bei der Wasseraufnahme hängt auch die weit geringere Menge Anmachewasser zusammen, welcher der Portlandzement bedarf und die er verträgt, um einen Mörtel von normaler Dickflüssigkeit zu geben.

132. Einheitsgewicht.

Dadurch ist die Natur des Portlandzements und sein Vorrang vor den übrigen hydraulischen Bindemitteln deutlich gekennzeichnet. Wenn auch Portlandzemente unter sich, je nach Schärfe des Brandes, Beschaffenheit des Einzelgefüges der Klinker, vorherigem Wassergehalt, Ablagerungszeit und Temperaturunterschieden untereinander abweichende Wassermengen zur Erzielung der normalen Dickflüssigkeit erfordern, so ist der Wasserbedarf doch immer wesentlich geringer als bei natürlichen hydraulischen Bindemitteln und beträgt nach *Tetmajer*:

133. Wasserbedarf.

bei Portlandzement	zwischen	22	und	28	Vomhundert
„ Romanzement	„	32	„	48	„
„ hydraulischem Kalk	„	30	„	50	„ .

Zur Erzielung der normalen Dickflüssigkeit für die Normenprüfungen braucht man beim normengemäßen Mischungsverhältnis 1 : 3 (in Gewichtseinheiten der gemischten Trockenmasse) an Wasser:

	für Zug	für Druck
bei Portlandzement	8 bis 10 Vomhundert,	8 bis 9 Vomhundert
„ Romanzement etwa	13 „	12 „
„ hydraulischem Kalk	12 „	10 „ .

Portlandzement ist in der Regel langsam bindend. Nach dem Vorgange der schweizer Normen wird Langsambinder ein Zement genannt, dessen Erhärtungsbeginn, d. h. der Augenblick, wo die Normalnadel einen Kuchen von 4 cm Höhe nicht mehr ganz durchdringt, über 30 Minuten hinausfällt. Die deutschen Normen hingegen benennen einen Zement langsambindend, wenn er in 2 Stunden oder länger abbindet, d. h. sobald er einem leichten Druck mit dem Fingernagel widersteht. Genau wird dagegen die Bindezeit ebenfalls mittels der Normalnadel bestimmt. Die Zeit, welche vom Augenblicke des Wasserzusatzes an verfließt, bis die Normalnadel auf dem erstarrten Kuchen keinen merklichen Eindruck mehr hervorbringt, heißt die Bindezeit.

134. Abbinden und Erhärten.

Auch für Portlandzement gilt das vom Romanzement Gesagte, daß derselbe vor Eintritt des Erhärtungsbeginnes verarbeitet sein muß. Deshalb und weil auf den Erhärtungsbeginn noch andere Ursachen bestimmend einwirken als die Beschaffenheit des Zements selbst, ist für die Technik der Erhärtungsbeginn das wichtigste. Die Temperatur der Luft und des Wassers ist von wesentlichem Ein-

fluß auf den Erhärtungsbeginn (kaltes Waſſer wirkt verlangſamend), ebenſo die Waſſermenge, inſofern als ſteifer Zement raſcher abbindet als flüſſiger. Auch die chemiſche Zuſammenſetzung der Portlandzemente wirkt dabei mit; kieſelſäurereiche binden langſamer, tonerdereiche ſchneller ab: zuſammen mit ſchwächerem Brande ergiebt das den künſtlichen Raſchbinder; ſtärkeres Sintern bewirkt meiſt auch langſameres Abbinden. Ferner beeinfluſſen viele Stoffe, die dem Zement oder Anmachewaſſer zugeſetzt werden, den Erhärtungsbeginn in erheblicher Weiſe. Die Alkalien (Kali, Natron, kohlenſaures Natron) machen den Zement raſch bindend; Gips und andere ſchwefelſaure Salze, ſowie Chlorcalcium und Chlormagneſium verzögern weſentlich den Erhärtungsbeginn, woraus ſich die bekanntlich verlangſamende Wirkung von Meerwaſſer erklärt. In gleicher Weiſe wirken übrigens dieſe Kräfte und Stoffe auch auf die übrigen hydrauliſchen Bindemittel.

Um einen ſchnellbindenden Zement in langſamer bindenden zu verwandeln, benutzt man hartes Waſſer und Gips. Man benetzt den aus dem Ofen kommenden Zementklinker mit etwa 1 Vomhundert Waſſer und ſetzt der Mahlung dann noch bis 2 Vomhundert Gipspulver zu [88]). Auch die Mahlfeinheit ſpricht mit, indem feingemahlener Zement ſchneller abbindet als grobgemahlener. Endlich kann die Lagerung des Zements auf das Abbinden von Einfluß ſein, meiſtens inſofern, als ſich eine Verlangſamung des Abbindens dadurch geltend macht. Aber auch das Gegenteil iſt ſchon bei einigen Zementen beobachtet worden, indem neben einer ſehr kräftigen Beſchleunigung des Abbindens auch eine merkliche Herabſetzung der Feſtigkeit einherging. Später trat dann wieder Verlangſamung des Abbindens, jedoch ohne Zunahme der Feſtigkeit ein.

Portlandzement erhärtet vom Augenblicke des Abbindens an am raſcheſten unter ſämtlichen hydrauliſchen Bindemitteln, manche raſch bindende Romanzemente ausgenommen, und zwar ſowohl unter Waſſer, als auch an der Luft. Dabei iſt jedenfalls die kolloidale Wirkung der oberflächlich quellenden, bis zu beginnender Verbindung der Beſtandteile geſinterten und aufgeſchloſſenen Kieſelſäure und Tonerde das Ausſchlaggebende, während die chemiſche Bindung von Waſſer auch nach längerer Erhärtung eine beſchränkte iſt und daher wieder gepulverter erhärteter Zement von neuem, wenn auch nicht mehr ſo kräftig, erhärtet. An der Luft wirkt auch die Kohlenſäure weſentlich erhärtend durch Umwandelung des gebildeten Kalkhydrats in kohlenſauren Kalk. Auf die chemiſchen Anſichten über die Erhärtung von Portlandzement einzugehen ſei hier verzichtet, weil es deren faſt ſo viele gibt, als Autoren ſich darüber geäußert haben.

135. Qualitäts-Maßſtab.

Mit zunehmender Erhärtung wächſt ſowohl die Zug-, wie die Druckfeſtigkeit, wenn nicht ungünſtige Einflüſſe, namentlich waſſerentziehende Urſachen, entgegenwirken. Deshalb iſt es eine wichtige techniſche Regel, daß ſowohl die Mauerflächen, welche Portlandzement bedecken, als die Körper, die er umhüllend verbinden ſoll, namentlich poröſe Ziegel oder Sandſtein, mit waſſergefüllten Poren damit in Berührung kommen und daß Zementarbeiten in der erſten Zeit der Erhärtung vor raſchem Austrocknen zu ſchützen ſind, wie bereits beim Romanzement hervorgehoben wurde. Die Energie der Erhärtung iſt ſchon in den erſten Tagen ſehr groß und deshalb die Feſtigkeit bei manchen beſonders feingemahlenen, ſcharf gebrannten Portlandzementen bereits nach 3 Tagen ſo bedeutend, wie bei anderen nach 30 Tagen; aber umgekehrt kann auffallend große Anfangsenergie auch im

[88]) Über Gips im Portlandzement ſiehe: Baumaterialienkde. 1899, S. 123.

Laufe der Weitererhärtung gegenüber nachhaltig forterhärtenden Zementen zurückbleiben, ja fogar fich wieder abmindern. Deshalb hat man fich geeinigt, nicht die Feftigkeit nach kürzefter Zeit als Gütemaßftab anzunehmen, fondern diejenige nach 28-tägiger Erhärtungsfrift, wenn auch, der Auffìcht bei laufenden Lieferungen halber, die Proben nach 7 Tagen und neueftens nach 3 Tagen auf Feftigkeit geprüft werden.

136. Deutfche Normen.

Die deutfchen Normen haben entfprechend den Fortfchritten der Prüfungstechnik mehrfache Veränderungen, bezw. Verfchärfungen der Anforderungen erfahren und find augenblicklich auf dem Wege, auf Grund der oben angeführten Konferenzbefchlüffe wefentlich verbeffert zu werden. Daher feien hier nur kurz die Anforderungen der jetzigen deutfchen Normen angeführt, infoweit fie fich auf die Feftigkeit beziehen.

Allgemeines.

Die Bindekraft von Portlandzement foll durch Prüfung einer Mifchung von Zement und Sand ermittelt werden. Die Prüfung foll auf Zug- und Druckfeftigkeit nach einheitlicher Methode gefchehen, und zwar mittels Probekörper von gleicher Geftalt und gleichem Querfchnitt und mit gleichen Apparaten. Daneben empfiehlt es fich, auch die Feftigkeit des reinen Zements feftzuftellen.

Die Zerreißungsproben find an Probekörpern von 5 qcm Querfchnitt der Bruchfläche, die Druckproben an Würfeln von 50 qcm Fläche vorzunehmen.

Begründung.

Da man erfahrungsgemäß aus den mit Zement ohne Sandzufatz gewonnenen Feftigkeitsergebniffen nicht einheitlich auf die Bindefähigkeit zu Sand fchließen kann, namentlich wenn es fich um Vergleichung von Portlandzementen aus verfchiedenen Fabriken handelt, fo ift es geboten, die Prüfung von Portlandzement auf Bindekraft mittels Sandzufatz vorzunehmen.

Die Prüfung des Zements ohne Sandzufatz empfiehlt fich namentlich dann, wenn es fich um den Vergleich von Portlandzementen mit gemifchten Zementen und anderen hydraulifchen Bindemitteln handelt, weil durch die Selbftfeftigkeit die höhere Güte, bezw. die befonderen Eigenfchaften des Portlandzements, welche den übrigen hydraulifchen Bindemitteln abgehen, beffer zum Ausdruck gelangen als durch die Probe mit Sand.

Obgleich das Verhältnis der Druckfeftigkeit zur Zugfeftigkeit bei den hydraulifchen Bindemitteln ein verfchiedenes ift, fo wird doch vielfach nur die Zugfeftigkeit als Wertmeffer für verfchiedene hydraulifche Bindemittel benutzt. Dies führt jedoch zu einer unrichtigen Beurteilung der letzteren. Da ferner die Mörtel in der Praxis in erfter Linie auf Druckfeftigkeit in Anfpruch genommen werden, fo kann die maßgebende Feftigkeitsprobe nur die Druckprobe fein.

Um die erforderliche Einheitlichkeit bei den Prüfungen zu wahren, wird empfohlen, derartige Apparate und Geräte zu benutzen, wie fie bei der Königlichen Prüfungsftation Charlottenburg-Berlin in Gebrauch find.

Zug- und Druckfeftigkeit.

Langfambindender Portlandzement foll bei der Probe mit 3 Gewichtsteilen Normalfand auf 1 Gewichtsteil Zement nach 28 Tagen Erhärtung — 1 Tag an der Luft und 27 Tage unter Waffer — eine Mindeft-Zugfeftigkeit von 16 kg für 1 qcm haben. Die Druckfeftigkeit foll mindeftens 160 kg für 1 qcm betragen.

Bei fchnellbindenden Portlandzementen ift die Feftigkeit nach 28 Tagen im allgemeinen eine geringere als die oben angegebene. Es foll deshalb bei Nennung von Feftigkeitszahlen ftets auch die Bindezeit aufgeführt werden.

Begründung und Erläuterungen.

Da verfchiedene Zemente hinfichtlich ihrer Bindekraft zu Sand, worauf es bei ihrer Verwendung vorzugsweife ankommt, fich fehr verfchieden verhalten können, fo ift insbefondere beim Vergleich mehrerer Zemente eine Prüfung mit hohem Sandzufatz unbedingt erforderlich. Als geeignetes Verhältnis wird angenommen: 3 Gewichtsteile Sand auf 1 Gewichtsteil Zement, da mit 3 Teilen Sand der Grad der Bindefähigkeit bei verfchiedenen Zementen in hinreichendem Maße zum Ausdruck gelangt.

Zement, welcher eine höhere Zugfestigkeit, bezw. Druckfestigkeit zeigt, gestattet in vielen Fällen einen größeren Sandzusatz und hat, aus diesem Gesichtspunkte betrachtet, sowie oft schon wegen seiner größeren Festigkeit bei gleichem Sandzusatz, Anrecht auf einen entsprechend höheren Preis.

Die maßgebende Festigkeitsprobe ist die Druckprobe nach 28 Tagen, weil in kürzerer Zeit, beim Vergleich verschiedener Zemente, die Bindekraft nicht genügend zu erkennen ist. So können z. B. die Festigkeitsergebnisse verschiedener Zemente bei der 28-Tageprobe einander gleich sein, während sich bei einer Prüfung nach 7 Tagen noch wesentliche Unterschiede zeigen.

Als Prüfungsprobe für die abgelieferte Ware dient die Zugprobe nach 28 Tagen. Will man jedoch die Prüfung schon nach 7 Tagen vornehmen, so kann dies durch eine Vorprobe geschehen, wenn man das Verhältnis der Zugfestigkeit nach 7 Tagen zur 28-Tagefestigkeit an dem betreffenden Zement ermittelt hat. Auch kann diese Vorprobe mit reinem Zement ausgeführt werden, wenn man das Verhältnis der Festigkeit des reinen Zements zur 28-Tagefestigkeit bei 3 Teilen Sand festgestellt hat.

Es empfiehlt sich, überall da, wo dies zu ermöglichen ist, die Festigkeitsproben an zu diesem Zwecke vorrätig angefertigten Probekörpern auf längere Zeit auszudehnen, um das Verhalten verschiedener Zemente auch bei längerer Erhärtungsdauer kennen zu lernen.

Um zu übereinstimmenden Ergebnissen zu gelangen, muß überall Sand von gleicher Korngröße und gleicher Beschaffenheit benutzt werden. Dieser Normalsand wird dadurch gewonnen, daß man möglichst reinen Quarzsand wäscht, trocknet, durch ein Sieb von 60 Maschen für 1 qcm siebt, dadurch die gröbsten Teile ausscheidet und aus dem so erhaltenen Sand mittels eines Siebes von 120 Maschen für 1 qcm noch die feinsten Teile entfernt. Die Drahtstärke der Siebe soll 0,38, bezw. 0,32 mm betragen.

Da nicht alle Quarzsande bei der gleichen Behandlungsweise die gleiche Festigkeit ergeben, so hat man sich zu überzeugen, ob der zur Verfügung stehende Normalsand mit dem unter der Prüfung des Vorstandes des Deutschen Zementfabrikanten-Vereins gelieferten Normalsand, welcher auch von der Königlichen Prüfungsstation in Charlottenburg-Berlin benutzt wird, übereinstimmende Festigkeitsergebnisse gibt.

Beschreibung der Proben zur Ermittelung der Zug- und Druckfestigkeit.

Da es darauf ankommt, daß bei Prüfung desselben Zements an verschiedenen Orten übereinstimmende Ergebnisse erzielt werden, so ist auf die genaue Einhaltung der im nachstehenden gegebenen Regeln ganz besonders zu achten.

Zur Erzielung richtiger Durchschnittszahlen sind für jede Prüfung mindestens 10 Probekörper anzufertigen.

Anfertigung von Zementsandproben.

Zugproben.

Die Zugprobekörper können entweder durch Handarbeit oder durch maschinelle Vorrichtungen hergestellt werden.

1) Handarbeit. Man legt auf eine zur Anfertigung der Proben dienende Metall- oder starke Glasplatte 5 mit Wasser getränkte Blättchen Fließpapier und setzt auf diese 5 mit Wasser angenetzte Formen. Man wiegt 250 g Zement und 750 g trockenen Normalsand ab und mischt beides in einer Schüssel gut durcheinander. Hierauf bringt man 100 cbcm = 100 g reines süßes Wasser hinzu und arbeitet die ganze Masse 5 Minuten lang tüchtig durch. Mit dem so erhaltenen Mörtel werden die Formen unter Eindrücken auf einmal so hoch angefüllt, daß sie stark gewölbt voll werden. Man schlägt nun mittels eines eisernen Spatels von 5 auf 8 cm Fläche, 35 cm Länge und im Gewicht von etwa 250 g den überstehenden Mörtel anfangs schwach und von der Seite her, dann immer stärker so lange in die Formen ein, bis derselbe elastisch wird und an seiner Oberfläche sich Wasser zeigt. Ein bis zu diesem Zeitpunkt fortgesetztes Einschlagen von etwa 1 Minute für jede Form ist unbedingt erforderlich. Ein nachträgliches Aufbringen und Einschlagen von Mörtel ist nicht statthaft, weil die Probekörner aus demselben Zement an verschiedenen Versuchsstellen gleiche Dichten erhalten sollen. — Man streicht nun das die Form Überragende mit einem Messer ab und glättet mit demselben die Oberfläche. Man löst die Form vorsichtig ab und setzt die Probekörper in einen mit Zink ausgeschlagenen Kasten, der mit einem Deckel zu bedecken ist, um ungleichmäßiges Austrocknen der Proben bei verschiedenen Wärmegraden zu verhindern. 24 Stunden nach der Anfertigung werden die Probekörper unter Wasser gebracht und man hat nur darauf zu achten, daß dieselben während der ganzen Erhärtungsdauer vom Wasser bedeckt bleiben.

2) Mafchinenmäßige Anfertigung. Nachdem die mit dem Füllkaften verfehene Form auf der Unterlagsplatte durch die beiden Stellfchrauben feftgefchraubt ift, werden für jede Probe 180 g des wie in 1 hergeftellten Mörtels in die Form gebracht und wird der eiferne Formkern eingefetzt. Man gibt nun mittels des Schlagapparates von Dr. *Böhme* (Fig. 24) mit dem Hammer von 2 kg 150 Schläge auf den Kern.

Nach Entfernung des Füllkaftens und des Kerns wird der Probekörper abgeftrichen und geglättet, famt der Form von der Unterlagsplatte abgezogen und im übrigen behandelt wie unter 1.

Bei genauer Einhaltung der angegebenen Vorfchriften geben Handarbeit und mafchinenmäßige Anfertigung gut übereinftimmende Ergebniffe. In ftreitigen Fällen ift jedoch die mafchinenmäßige Anfertigung die maßgebende.

Druckproben.

Um bei Druckproben an verfchiedenen Verfuchsftellen zu übereinftimmenden Ergebniffen zu gelangen, ift mafchinenmäßige Anfertigung erforderlich.

Man wiegt 400 g Zement und 1200 g trockenen Normalfand ab, mifcht beides in einer Schüffel gut durcheinander, bringt 160 cbcm = 160 g Waffer hinzu und arbeitet den Mörtel 5 Minuten lang tüchtig durch. Von diefem Mörtel füllt man 860 g in die mit Füllkaften verfehene und auf die Unterlagsplatte aufgefchraubte Würfelform. Man fetzt den eifernen Kern in die Form ein und gibt auf denfelben mittels des Schlagapparats von Dr. *Böhme* mit dem Hammer von 2 kg 150 Schläge.

Nach Entfernung des Füllkaftens und des Kernes wird der Probekörper abgeftrichen und geglättet, mit der Form von der Unterlagsplatte abgezogen und im übrigen behandelt wie unter 1.

Anfertigung der Proben aus reinem Zement.

Man ölt die Formen auf der Innenfeite etwas ein und fetzt diefelben auf eine Metall- oder Glasplatte (ohne Fließpapier unterzulegen). Man wiegt nun 1000 g Zement ab, bringt 200 g = 200 cbcm Waffer hinzu und arbeitet die Maffe (am beften mit einem Piftill) 5 Minuten lang durch, füllt die Formen ftark gewölbt voll und verfährt wie unter 1. Die Formen kann man jedoch erft dann ablöfen, wenn der Zement genügend erhärtet ift.

Da beim Einfchlagen des reinen Zements Probekörper von gleicher Feftigkeit erzielt werden follen, fo ift bei fehr feinem oder bei rafchbindendem Zement der Wafferzufatz entfprechend zu erhöhen.

Der angewandte Wafferzufatz ift bei Nennung der Feftigkeitszahlen ftets anzugeben.

Behandlung der Proben bei der Prüfung.

Alle Proben werden fofort bei der Entnahme aus dem Waffer geprüft. Da die Zerreißungsdauer von Einfluß auf das Refultat ift, fo foll bei der Prüfung auf Zug die Zunahme der Belaftung während des Zerreißens 100 g in der Sekunde betragen. Das Mittel aus den 10 Zugproben foll als die maßgebende Zugfeftigkeit gelten.

Bei der Prüfung der Druckproben foll, um einheitliche Ergebniffe zu wahren, der Druck ftets auf zwei Seitenflächen der Würfel ausgeübt werden, nicht aber auf die Bodenflächen und die bearbeitete obere Fläche. Das Mittel aus den 10 Proben foll als die maßgebende Druckfeftigkeit gelten [89]).

137. Prüfungs-vorrichtungen.

Als Normalapparat zur Beftimmung der Zugfeftigkeit gilt allgemein der von *Michaëlis*, der, wie alle zur Normenprüfung gehörigen Apparate, vom Laboratorium der Toninduftrie-Zeitung in Berlin zu beziehen ift. Fig. 23 gibt ohne weiteres feine Wirkungsweife zu erkennen.

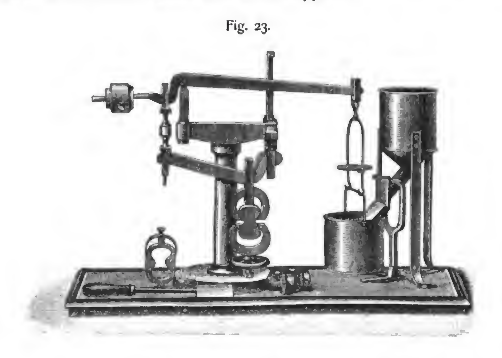
Zum mafchinellen Anfertigen der Probekörper hat der „Verein deutfcher Portlandzement-Fabrikanten" den Hammerapparat von Dr. *Böhme* vorgefchrieben; derfelbe ift in Fig. 24 abgebildet.

Die Konferenzbefchlüffe ziehen aber diefer Schwanzhammer-Konftruktion eine Fallhammer-Konftruktion vor, da mit derfelben die Rammarbeit ziffermäßig ausdrückbar ift. *Nagel & Kaemp* in Hamburg und *Klebe* in München haben folche Rammvorrichtungen konftruiert.

[89]) Siehe auch: Normen für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement. Runderlaß vom 28. VII. 1887, 23. IV. 1897 u. 19. II. 1902. Berlin 1902.

Zur Beſtimmung der Druckfeſtigkeit dienen entweder hydrauliſche Preſſen oder in neueſter Zeit der nach den Angaben *Tetmajer*'s von *Amsler-Laffon* in Schaffhauſen konſtruierte ſchweizeriſche Normalapparat.

Fig. 23.

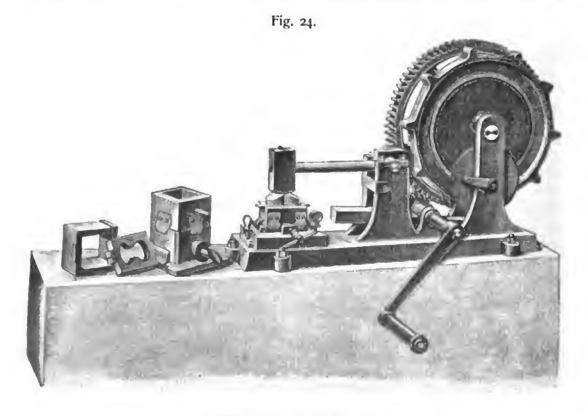


Zugfeſtigkeitsapparat von *Michaëlis.*

138. Zunahme der Feſtigkeit.

Außer den vorgeſchriebenen Mindeſtfeſtigkeiten gibt bei der 3-Tageprobe Portlandzement von normaler Beſchaffenheit 1:3 bei Waſſererhärtung etwa 10 kg, nach 7 Tagen ſchon 13 bis 15 kg; die 28-Tageprobe ergab zur Kennzeichnung der

Fig. 24.



Böhme's Hammerapparat.

Güte deutfchen Portlandzements in der Königl. Prüfungsanftalt für Baumaterialien zu Berlin [90]), daß in den Jahren 1891—92 57 Vomhundert der unterfuchten Zemente eine Zugfeftigkeit von 20 kg und darüber hatten. Bis zu einem Jahre Erhärtung fteigt in der Regel noch die Feftigkeit und erreicht dann etwa das 1½-fache der Normenprobe nach 28 Tagen. Indes ift nicht zu vergeffen, daß auch andere Bindemittel nach Jahresfrift fo ftark nachhärten, daß fie hierin dem Portlandzement nahe kommen.

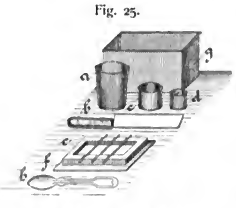
139. Abnutzungs-feftigkeit.

Noch auffallender als die große Zug- und Druckfeftigkeit ift die hohe Außenhärte und damit Abnutzungs- oder Verfchleißfeftigkeit, die Portlandzement-Mörtel erlangt. Dabei verhält fich nach den Verfuchen von *Böhme* [91]) reiner Zementmörtel ohne Sandzufatz ungünftiger als Zementmörtel mit Sand im Verhältnis 1:1 und 1:2, und auf der *Baufchinger*'fchen Schleiffcheibe ift die Abnutzung für normale Tourenzahl bei Zementmörtel 1:3 fchon nach 7 Tagen Waffererhärtung nur 1,88 cbcm, alfo weniger wie bei Granit.

140. Raum-beftändigkeit.

Alle vorgeführten vortrefflichen Eigenfchaften des Portlandzements würden aber ohne Wert für die Praxis fein, wenn derfelbe nicht gleichzeitig wenigftens bis zu einem gewiffen Grade raumbeftändig wäre. Und gerade hier liegt bei Portlandzement die Gefahr. Deshalb hat man feit langer Zeit nach Mitteln gefucht, um in kürzefter Zeit hierüber urteilen zu können. Bis jetzt ift eine Einigung über die fog. befchleunigten Raumbeftändigkeitsproben noch nicht erzielt; namentlich findet die Kochprobe immer noch Gegner (fiehe Art. 108, S. 158). In den deutfchen Normen ift nur die Wafferkuchenprobe vorgefchrieben.

Fig. 25.



Vorrichtung für Unterfuchungen von Zement [92]).

Für Unterfuchungen des Zements von Abnehmern ift die in Fig. 25 [92]) dargeftellte kleine Vorrichtung empfehlenswert, die für billigen Preis vom Chemifchen Laboratorium für Toninduftrie in Berlin [93]) bezogen werden kann.

Sie befteht aus dem Anrührbecher *a*, einem Meffer *b*, einem Meßbecher *c* für Zement, einem desgl. *d* für Waffer, einer innen konifchen Form *e* mit 3 Eifenftäben, einer Eifenplatte *f*, einer Wanne *g* und einem Löffel *h*, und foll es ermöglichen, das Abbinden, das Erhärten, die Raumbeftändigkeit und bis zu einem gewiffen Grade die Feftigkeit des Zements zu beurteilen. Auf die Eifenplatte wird zu diefem Behufe ein feuchtes Blatt Papier und darauf die Form, durch die Klammern leicht gefchloffen, gelegt, der Zement lofe im Becher *d*, ebenfo das Waffer im Becher *c* abgemeffen und beides im Anrührbecher *a* mittels des Meffers *b* 2 Minuten lang gemifcht. Den Brei preßt man nun in die Form, drückt die Stäbchen in die Kerbe, nachdem beides etwas mit Öl abgerieben ift, und beobachtet nun nach der Zeit, etwa ½ bis 1½ Stunden, wenn der Zement foweit abgebunden hat, bis er nicht mehr läuft. Nun werden die Stäbchen vorfichtig feitlich herausgezogen, nicht abgehoben, und man prüft nun in Zeiträumen von 15 bis 30 Minuten durch einen leifen Druck mit dem Fingernagel, der bis dahin noch deutlich bemerkbar fein muß, ob der Zement abgebunden hat. Ift diefer Zeitpunkt eingetreten, fo vermerkt man die Daten, läßt den Zement noch ¼ Stunde in der Form, entfernt diefe dann vorfichtig und läßt die Zementtafel umgedreht auf der Eifenplatte noch 24 Stunden, von der Herftellung an gerechnet, liegen, jedoch nicht in Luftzug oder trockener Luft. Nunmehr wird die Tafel hochkantig in das Wafferbad *g* geftellt und nach 2 bis 3 Tagen unterfucht, ob fich Riffe an den Rändern zeigen, was auf Treiben hindeuten würde; man bricht dann die Platte am mittelften Teilftrich durch und legt die beiden Hälften wieder in die Wanne.

[90]) Siehe: Mittheilungen aus den königl. technifchen Verfuchsanftalten zu Berlin. Heft XI, 4, S. 200.
[91]) Siehe: Mittheilungen aus den königl. technifchen Verfuchsanftalten zu Berlin. 1890.
[92]) Fakf.-Repr. nach: Baumaterialienkde. 1901, S. 18.
[93]) N. W., Kruppftraße 6.

Nach 3 bis 7 Tagen bricht man dann die zweite Hälfte durch, nach 2 bis 3 Wochen vielleicht die dritte, wodurch man die zunehmende Feftigkeit beurteilen kann [94]).

141. Haar- und Treibriffe.

Schon früher wurde darauf aufmerkfam gemacht, daß fämtliche Gefteine an der Luft fchwinden und im Waffer quellen; diefe mittels des *Baufchinger*'fchen Tafters durch *Schumann* gefundene Tatfache gibt über eine namentlich fetten Zementmörteln eigene unangenehme Erfcheinung Auffchluß, die Haarriffigkeit. Jeder kolloidale Körper zieht fich beim Austrocknen an der Oberfläche ftärker zufammen als im Inneren; es entftehen Spannungen, welche zu Schwindriffen führen, die fich netzartig kreuzen und den dichten Zufammenhang an der Oberfläche aufheben. Allerdings bleiben bei fonft normalem Zement diefe Sprünge auf die hauptfächlich bloß bei der Benetzung fichtbar werdenden Haarriffe befchränkt und find wohl zu unterfcheiden von den Treibriffen, die unter Zerftörung von innen heraus und teilweifer Aufhebung der Kohäfion bis zum Zerbröckeln führen können. Auch dadurch unterfcheiden fich Haarriffe und Treibriffe, daß erftere nur im Anfang der Erhärtung, meift fchon während des Abbindens, fich bilden, letztere aber ftets erft nach eingetretener Erhärtung. Gewöhnlich wird das Treiben durch eine mangelhafte Aufbereitung des Zements verurfacht. Die Mängel beftehen 1) in allzugrober Mahlung fowohl des Rohmehles, wie auch des Zements; 2) in einer nicht durchweg homogenen Mifchung des Rohmehles; 3) in einem zu hohen Kalkgehalt; 4) in einem fehlerhaften Brennen; 5) in einem hohen Gehalt an raumändernden Subftanzen, wie z. B. Schwefelverbindungen (Gips) ufw. Am auffallendften find in diefer Beziehung die fog. Magnefiatreiber, d. h. magnefiareichere Zemente, die nach anfänglich energifcher Erhärtung nach Monaten, ja erft nach Jahren in oft verhängnisvoller Weife ihren Raumgehalt vergrößern. Das gleiche gefchieht häufig beim *Sorel*'fchen Magnefiazement [95]).

142. Verhalten bei Froft.

Portlandzement-Mörtel widerfteht auch dem Froft unter allen Bindemitteln am kräftigften, felbft bei hohen Sandmifchungen und fehr niederen Temperaturen, und erhärtet fogar in gefrorenem Zuftande, wenn auch nicht fo kräftig wie bei warmer Temperatur. Man kann alfo, wie es häufig gefchieht, mit Portlandzement-Mörtel noch bei Froftwetter mauern; nur müffen möglichft erwärmtes Waffer und erwärmter Sand verwendet und der Mörtel tunlichft fteif angemacht werden. Zufatz von Kochfalz verhindert das Gefrieren überfchüffigen Waffers, kann aber fpäter zu unangenehmen Ausblühungen führen [96]).

143. Ausblühungen.

Die Ausblühungen oder Effloreszenzen find meift fchwefelfauere oder kohlenfauere Salze, die entweder aus der Afche beim Brennen oder aus dem Anmachewaffer, wohl auch aus den Ziegelfteinen ftammen und fich befonders beim erften Antrocknen zeigen. Sie find auch die Urfache, weshalb Ölfarbenanftriche an frifchen Zementmauern nicht haften und man bisher meift über Jahr und Tag warten mußte, bis Ölfarbanftrich aufgetragen werden konnte. Abwafchen mit Säuren ruft erft recht Ausfchläge hervor, wenn nicht fehr gründlich hinterher mit Waffer abgefpült wird. Dagegen hat fich die Anwendung der *Keßler*'fchen Fluate hierbei vorzüglich bewährt. Dabei werden die Zementmauern möglichft tief mit Magnefia- oder Aluminiumfluat getränkt, wodurch die Alkalien in unlösliche Verbindungen übergeführt werden; hierauf wird das überfchüffige Fluat abgewafchen, und nach dem Trocknen kann fofort Ölfarbe aufgetragen werden [97]).

---

[94]) Weiteres fiehe: ebendaf.

[95]) Weiteres darüber fiehe: SCHOCH, a. a. O., S. 382 ff.

[96]) Siehe auch: Baumaterialienkde. 1899, S. 22.

[97]) Näheres darüber in: Baumaterialienkde. 1896–97, S. 385.

144.
Ausgiebigkeit.

Die Erhebung der Ausgiebigkeit von Portlandzementmörtel geſchieht nach den Konferenzbeſchlüſſen, Punkt 7 (ſiehe Art. 111, S. 160). Rechnungsmäßig läßt ſich die Ausgiebigkeit unter Zugrundelegung der Eigengewichte der Beſtandteile finden. Wird das Einheitsgewicht von Portlandzement $\delta_c = 3{,}18$, von Waſſer $\delta = 1$ und von Sand $\delta_s = 2{,}65$ angenommen, ſo iſt das Ausgiebigkeitsverhältnis, bei einem abſoluten Gewichtsverhältnis P_c, P_w und P_s für bezw. Zement, Waſſer und Sand,

$$V = \frac{P_c}{\delta_c} + P_w + \frac{P_s}{\delta_s},$$

d. h. der Mörtelraumgehalt iſt gleich der Summe der angewandten Gewichte von Zement, Sand und Waſſer, dividiert durch die entſprechenden Einheitsgewichte, vorausgeſetzt, daß kein Zuſammenziehen eintritt und der Mörtel vollkommen ſatt, d. h. ohne Zwiſchenräume iſt. Die durch Meſſen gefundenen Ausgiebigkeiten unterſcheiden ſich von den berechneten nur unbedeutend, aber bei ſteigenden Sandzuſätzen im Sinne der Raumvermehrung.

Um aus den gemeſſenen Miſchungsverhältniſſen auf die Gewichtsmengen zurückrechnen zu können, werden allgemein 1 Faß Portlandzement von 170 kg netto gleich 122 l, 1 Sack von 70 kg gleich 50 l, 1 Sack von 50 kg gleich 36 l und 140 kg Sand gleich 100 l angenommen. Darnach ergeben ſich für die verſchiedenen Miſchungen die in der folgenden Tabelle verzeichneten Mörtelausbeuten:

Miſchung (in Hektolitern):				1 cbm Mörtel erfordert:		
Zement	Sand	Waſſer	Ausbeute	Zement	Sand	Waſſer
1	1	0,53	1,50	933	667	353
1	2	0,75	2,25	622	888	333
1	3	0,98	3,00	467	1000	327
1	4	1,25	3,80	368	1053	329
				Kilogramm	Liter	Liter

Daraus ergiebt ſich auch, daß bei Portlandzement das wechſelnde Hektolitergewicht für die Ausgiebigkeit keine praktiſche Rolle ſpielt, wie man früher irrtümlich annahm, und daß lediglich die Ausgiebigkeit des Sandes maßgebend iſt.

145.
Beeinträchtigung der Feſtigkeit und Zerſtörung des Zementmörtels.

Weiches, ebenſo brakiges Waſſer gibt geringere Feſtigkeiten als hartes. Ferner ſind die im Waſſer gelöſten Salze und chemiſchen Verbindungen von Einfluß. Kohlenſaueres Waſſer gibt größere Feſtigkeiten, ebenſo ſolches mit Löſungen von kohlenſauren Alkalien; dagegen ſind reine Alkalien und Chloride ohne nennenswerten Einfluß. Magneſiumchlorid und Magneſiumſulfat wirken nachteilig, und daher iſt auch Meerwaſſer ſchädlich und wirkt zerſtörend auf Zementbauten. Deshalb müſſen dieſe mit einem Mörtel umhüllt werden, welcher mit etwas kohlenſauerem Salz oder Fluorſilikat angemacht iſt, wodurch ſich unlösliches Kalkkarbonat, bezw. Fluorkalcium und Kalkſilikat als Schutzmantel bildet [98]). Auch ein Zuſatz von Traß hat eine gute Wirkung [99]). Säuren haben immer üblen Einfluß auf Beton und Zementfabrikate, ſo z. B. ſchon die im Moorwaſſer vorhandene Huminſäure, die Säuren in Quellwaſſern, welche Zementrohrleitungen und die Dichtung von Behältern zerſtören, auch die ſich in Schmutzwaſſern bildenden Säuren und ſchließlich alle durch chemiſche Fabriken uſw. verunreinigte Gewäſſer, beſonders auch das dadurch beeinflußte Grundwaſſer.

146.
Zement-Kalkmörtel.

Bei Zuſatz von mehr Sand, als hinreicht, um völlig ſatten Mörtel zu bilden,

[98]) Weiteres ſiehe: SCHOCH, a. a. O., S. 393 – und: Baumaterialienkde. 1897–98, S. 121.
[99]) Siehe: Baumaterialienkde. 1900, S. 349.

alfo bei mageren Zementmörteln, reicht der wenig quellende Portlandzement nicht hin, um mauergerechten, gefchmeidigen Mörtel zu geben. Es ift ein praktifcher Beweis für die Richtigkeit der phyfikalifchen Anfchauung über die Verkittungswirkung, daß folcher Portlandzementmörtel durch Zufatz von Fettkalk nicht bloß gefchmeidiger, fondern auch fefter wird, und zwar fowohl an der Luft, als auch unter Waffer. Es ift das Verdienft von *R. Dyckerhoff*, durch viele Verfuche diefe praktifch hoch bedeutfame Neuerung als zweifellos vorteilhaft hingeftellt zu haben.

Solcher Mörtel zeichnet fich natürlich in erfter Linie durch feine Billigkeit aus; es koftet nach *Dyckerhoff* 1 cbm Kalkzementmörtel, welcher felbft noch bei Froftwetter mit beftem Erfolg zu verfchiedenen Bauten angewendet wurde und der aus 1 Gewichtsteil Zement, 1/2 Gewichtsteil Kalkhydrat (= 1 Gewichtsteil Kalkbrei, welcher bei 100 Grad C. getrocknet ift) und 7 Gewichtsteilen Sand befteht, nur 14,58 Mark. Für Gewölbebauten läßt fich kein befferer Mörtel denken, und es follte hierzu wohl ausfchließlich Kalkzementmörtel genommen werden.

Ferner find dabei die ftarken hydraulifchen Eigenfchaften intereffant. Die Verfuche von *Dyckerhoff* ergaben, daß ein Mörtel aus 1 Zement, 6 Sand und 1 Kalkteig fchon nach 2 Stunden dem Waffer widerftand, während ein Mörtel aus 1 Teil gleichem Zement und 6 Teilen gleichem Sand ohne Kalkteig erft nach 12 Stunden im Waffer hielt; ein Mörtel aus 1 Traß, 2 hydraulifchem Kalk und 2 Sand 2 Tage, hydraulifcher Kalk rein 4 bis 7 Tage brauchte, um nicht mehr im Waffer zu zerfallen, fondern allmählich zu erhärten.

Ebenfo auffallend ift bei den Kalkzementmörteln die rafche Erhärtungsfähigkeit, gemeffen durch das Wachfen der Druckfeftigkeit, fowohl an der Luft als im Waffer, gegenüber den Traßmörteln und den Mörteln aus hydraulifchem Kalk. Die Zugfeftigkeit nimmt ebenfalls durch Zufatz von Kalkteig zu magerem Zementmörtel deutlich zu. Während eine Mifchung aus 1 Zement und 7 Sand nach 28 Tagen im Durchfchnitt 3,5 kg ergab, brachte ein Zufatz von 1 Kalkteig nach gleicher Zeit eine Feftigkeit von 4,1 kg für 1 qcm hervor.

Noch auffallender ift die Erhöhung der Druckfeftigkeit. 1 Zement und 7 Sand gaben nach 28 Tagen 58,3 kg, nach 84 Tagen 69,3 kg Druckfeftigkeit, die gleiche Mifchung und 1 Kalkteig nach 28 Tagen 131,5 kg, nach 84 Tagen 167,2 kg Druckfeftigkeit für 1 qcm.

Die Adhäfion an Backfteinen ift am augenfälligften der unmittelbare Ausdruck der erhöhten Kittkraft. Zwei Backfteine, über Kreuz mit 144 qcm Kittfläche gemauert, gaben bei 1 Zement zu 3 Sand nach 1 Woche 64,0 kg, nach 3 Wochen 90,5 kg Rißbelaftung, 1 Zement zu 5 Sand nach 1 Woche 18,8, nach 3 Wochen 23,3 kg, hingegen 1 Zement zu 7 Sand und 1 Kalkteig nach 1 Woche 62,2, nach 3 Wochen 84,7 kg Rißbelaftung für 1 qcm.

Hauenfchild beftätigte dies aus feinen eigenen vielfachen Verfuchen vollftändig und fügte noch hinzu, daß er für 1 Zement, 5 Sand und 1 Kalkteig nach 1 Woche für die gleiche Kittfläche von 144 qcm 110,2 kg Tragfähigkeit ohne Riß, fodann bei ftets bleibender Belaftung nach 4 Wochen eine Tragfähigkeit von 165,3 kg, ebenfalls ohne Riß, erhielt; erft bei einer Belaftung von 169 kg trat die Trennung mitten in der Fuge ein, während bei weitaus den meiften Proben mit 1 Zement und 3 Sand die Trennung am Backftein eintrat, unter Mitnahme einzelner Ziegelfplitter, und zwar bei einer durchfchnittlichen Belaftung nach 4 Wochen von 150 kg.

Als zweckmäßigfte Mifchungen für Zementkalkmörtel haben fich bewährt:

1	Teil	Zement,	5	Teile	Sand	und	1/2	Teil	Kalkteig
1	„	„	6 bis 7	„	„	„	1	„	„
1	„	„	8	„	„	„	1 1/2	Teile	„
1	„	„	10	„	„	„	2	„	„ .

Die Zubereitung der Kalkzementmörtel aus Kalkteig gefchieht in der Weife, daß man den abgemeffenen Kalkteig in der Mörtelpfanne mit dem erforderlichen Waffer zu Kalkmilch anrührt. Sand und Zement werden daneben trocken gemifcht; das Gemifch wird in die Kalkmilch gefchaufelt und dann fofort durchgearbeitet. Nimmt man ftatt Kalkteig Staubhydrat oder hydraulifchen Kalk, fo wird Sand mit dem Bindemittel zufammen trocken gemifcht und hierauf, wie gewöhnlich, die erforderliche Waffermenge zugegeben. Letzteres Verfahren ift befonders bei Betonbauten vorzuziehen.

147. Zementputz.

Wandflächen, welche mit Portlandzement geputzt werden follen, müffen vorher von Staub und Schmutz forgfältig gereinigt, gut abgewafchen und wiederholt benetzt werden. Alte Mörtelfugen find auszukratzen. Auf fchmutzigen Flächen haftet Zementputz nicht, und auf Flächen, welche ftark Waffer abfaugen, entftehen leicht Riffe. Poröfes Mauerwerk muß von unten gegen auffteigende Erdfeuchtigkeit durch eine Ifolierfchicht gefchützt fein; fonft kann der dichte und fpröde Zementputz durch die Wirkung des Froftes leicht abgefprengt werden. Niemals follte man zu fetten Zementmörtel anwenden, fondern, um die nötige Gefchmeidigkeit zu erhalten, beffer feineren Sand und bei hohen Sandzufätzen etwas Kalk beigeben. Der Putz foll dabei möglichft in feiner ganzen Dicke auf einmal aufgetragen werden und nicht anhaltend mit der Kelle oder Stahlfcheibe geglättet, fondern beffer, zur Vermeidung von Haarriffen, mit einer Filzfcheibe abgerieben werden. Schutz vor Austrocknen ift für Portlandzementputz mindeftens ebenfo nötig, wie für Romanzementputz, und deshalb follten beide womöglich nur im Frühjahr und Herbft bei kühler und feuchter Witterung ausgeführt werden.

148. Eftrich und Pflafter.

Die weiteren Verwendungsarten des Portlandzements können kaum mehr andeutungsweife begrenzt werden. Insbefondere machen ihn feine große Härte und die daraus folgende Widerftandsfähigkeit gegen Abnutzung zu Fußbodeneftrichen und Pflafterungen, welche ftark begangen werden, geeignet, und daraus hat fich eine blühende und berechtigte Zementwaren-Induftrie entwickelt, welche befonders im Süden, in Italien und Südfrankreich, aber auch in Deutfchland und in Öfterreich eine eigene künftlerifch veredelnde Behandlung des Materials hervorgerufen hat. Entweder werden die Pflafterungen in ganzen Flötzen als zufammenhängende Decke (Eftrich) ausgeführt, oder fie werden aus einzelnen Zementplatten zufammengefetzt.

Im erfteren Falle hat man die Vorficht zu gebrauchen, daß man den Zementmörtel nicht zu fett macht, befonders an der Oberfläche nicht; noch beffer verhindert man das Entftehen von Schwindungsriffen, wenn man nach dem Vorgange *Schillinger's* die Pflafterung in großen Quadraten von etwa 4 qm ausführt, welche durch elaftifche Zwifchenlagen (dünne Teerpappe) getrennt find; hierdurch kann der Eftrich der Ausdehnung und Zufammenziehung bei Temperaturänderungen ohne Schaden folgen.

Ift ein Flötzpflafter künftlerifch auszuführen, fo wird es meift in Terrazzo-Mofaik gelegt, worin die Italiener Meifter find und feit der Verwendung von Portlandzement hierzu ftatt des früheren Mörtels (frifch gelöfchter Kalk mit Ziegelmehl) ganz vortreffliche, widerftandsfähige und kaum abnutzbare Pflafter für Hausflure und Gänge liefern.

Mit dem Terrazzo konkurrieren lebhaft die Marmor-Mofaikplatten, welche ebenfalls, wenigftens an der Oberfläche, aus Portlandzement geformt werden; darin bleiben die verfchiedenen Mufter ausgefpart, ähnlich wie bei den Mettlacher Fliefen. Die weitere dekorative Behandlung ift ebenfo wie beim Terrazzo; nur daß auch häufig die Zementmaffe felbft verfchiedene Färbemittel erhält, wie dies namentlich bei den italienifchen und füdfranzöfifchen Mofaikfliefen der Fall ift.

Diefe Platten werden entweder von der Hand aus faft ganz trockenem, bloß erdfeuchtem Zement geformt und folange gefchlagen, bis fie plaftifch werden und Waffer abfetzen, oder fie werden unter hydraulifchem Druck oder auf Spindel-Schwengelpreffen gepreßt, wodurch größere Dichtheit und glattere Oberfläche erzielt werden, ohne aber, wie man häufig glaubt, durch beliebige Steigerung des Druckes eine beliebig größere Feftigkeit erzielen zu können, weil plaftifche Maffen, nach Erlangung ihrer größten Dichte wie Flüffigkeiten nicht mehr zufammendrückbar find. Ernftlich muß an diefer Stelle vor einem Mißbrauch gewarnt werden, wodurch mancher Schaden entftanden ift. Manche Zementwaren-Dilettanten benutzen zur Erzeugung von lichter Steinfarbe Kalkafche, das Zerreibfel und den Abfall der Kalkhohöfen, ohne befondere Sorgfalt auf völliges Ablöfchen und Abfieben zu verwenden, und nehmen hiervon fehr viel in die Mifchung. Sind, wie häufig der Fall, gröbere unabgelöfchte Körner darunter, fo bewirken diefe oft erft nach dem Verlegen als Pflafter Treiben der böfeften Art, fo daß fogar Mauern ausweichen können, was dann natürlich dem Portlandzement zugefchrieben wird.

Weitere Einzelheiten über Zementestriche, Terrazzo und Plattenpflasterungen, insbesondere über die entsprechenden Unterlagen usw. werden in Teil III, Band 3, Heft 3 (Abt. IV, Abschn. 3, Kap. über „Fußböden") und Band 6 (Abt. V, Abschn. 3, Kap. über „Befestigung der Hofflächen und Bürgersteige") dieses „Handbuches" gebracht werden.

Häufig werden in Gips- oder Holzformen sandsteinähnliche Werkstücke und Treppenstufen aus langsambindendem Portlandzement hergestellt, der auch mineralische Farbzusätze erhält. Die Formen werden zunächst mit „Feinstoff" (1 Teil Zement und 1 Sand) an den später sichtbaren Seiten einige Zentimeter stark ausgestrichen; dann kommt erst der Füllstoff, erdfeucht und als grober Beton dahinter, welcher fest eingestampft wird. Bei weit ausladenden Stücken werden auch wohl Eiseneinlagen benutzt. Nachdem der Mörtel einigermaßen erhärtet ist, werden die Formen entfernt, und nunmehr können Ornamente noch leicht nachgearbeitet werden. Das Gießen in Leimformen zeigt Fehler, bestehend in Luftblasen und Haarrissen. Nach *Möhle*'s Verfahren wird statt des Sandes gemahlener Sandstein (1 : 3) zugesetzt, wodurch man eine rauhere Oberfläche und größere Ähnlichkeit mit natürlichem Sandstein erzielt.

149. Sonstige Zementerzeugnisse.

Die so ausgiebig betriebene fabrikmäßige Herstellung von Zementröhren geschieht in ähnlicher Weise, wie oben bei Romanzement besprochen wurde, und es wird insbesondere für größere Lichtweiten, um bei geringer Wandstärke noch genügenden Widerstand und leichte Transportfähigkeit zu erzielen, hierbei das System *Monier* angewendet; die Röhren stellen ein Eisengerippe mit Zementumhüllung dar, wobei das Eisen so angeordnet ist, daß dasselbe auf Zug, der Zement jedoch auf Druck beansprucht wird. Bei der außergewöhnlich hohen Adhäsionsfestigkeit von Zement und Eisen, die von *Bauschinger* zu 45 ^{kg} für 1 ^{qcm} gefunden worden ist, bei den nahezu gleichen Ausdehnungsziffern des verwendeten Zementmörtels in der Mischung 1:2 und von Stabeisen, sowie dem Schutz, welchen eine Zementhülle dem Eisen, ganz entgegen den Erfahrungen mit Gips- oder gar mit Kalkmörtel [100]), gewährt, sind der günstige Erfolg und die rasche Verbreitung der Fabrikate und Anwendungen nach System *Monier*, sowie der zahlreichen Deckenkonstruktionen erklärlich. Näheres hierüber in Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abschn. 1, A, Kap. 10, unter c).

h) Mörtel mit hydraulischen Zuschlägen.

150. Hydraulische Zuschläge.

Die älteste Art von hydraulischen Mörteln sind diejenigen mit hydraulischen Zuschlägen. Man versteht darunter solche Kalkmörtel, denen pulverige oder pulverigkörnige Stoffe mit einem wirksamen Gehalt an Hydraulefaktoren in entsprechender Menge zugesetzt werden. Solche Stoffe sind vulkanische Aschen und andere Gebilde, wie die berühmte Puzzolanerde, der Traß und die Santorinerde, oder es sind künstlich durch Brennen silikathaltiger Stoffe erzeugte Zuschläge, wie Ziegelmehl, Hohofenschlacke u. dergl.

Das Mischungsverhältnis von Kalk und hydraulischen Zuschlägen ist je nach dem Verwendungszweck verschieden, bewegt sich jedoch erfahrungsgemäß stets zwischen solchen Grenzen, daß die Zwischenräume der Zuschläge, die hier gleichzeitig die Rolle des Füllstoffes spielen, mehr oder weniger vollständig durch steifen Kalkbrei ausgefüllt werden, der, als Quellungssubstanz für die Zuschläge dienend, dieselben zu kolloidaler Verkittung und Erhärtung anregt. Alle Mörtel mit hydraulischen Zuschlägen sind infolgedessen langsam bindend und langsam, aber sehr nachhaltig erhärtend.

[100]) Siehe darüber: Baumaterialienkde. 1896–97, S. 387; 1903, S. 115, 119.

Die großartigen Wasserbauten der Römer sind fast ausschließlich mit dem *Pulvis puteolanus*, der Puzzolane der römischen Kampagna, und lebendigem, d. h. während des Löschens verwendetem Kalk ausgeführt worden. Heute noch bilden die Puzzolangruben bei Rom an der *Via Tiburtina* und *Via Ostiense*, an der *Porta S. Lorenzo* und *S. Paolo*, sowie die von Bacoli, Montenuovo und Bassano bei Neapel eine ausgedehnte Industrie. Die hierbei gebräuchlichsten Mischungsverhältnisse von frisch gelöschtem Staubhydrat und gesiebter Puzzolane sind nach *Demarchi* und *Fodera* [101]) die folgenden:

für Roh-Bruchsteinmauerwerk . . .	15 Vomhundert Kalk	zu	85 Vomhundert Puzzolane
„ Backsteinmauerwerk	30 „ „	„	70 „ „
„ Verblendung mit Backsteinen. .	45 „ „	„	55 „ „
„ Pflaster in Ziegeln	36 „ „	„	64 „ „
„ Pflaster aus Geschieben und Kies	22 „ „	„	78 „ „
„ Putz- und Stuckarbeit	40 „ „	„	60 „ „

Nach *Tetmajer* ergeben Puzzolanmörtel (1 : 3) nach 7 Tagen Luft- und 21 Tagen Wasserlagerung:

Puzzolane	Kalk	Zugfestigkeit	Druckfestigkeit
60	40	4,8	25
80	20	4,5	34
60	40	11,0	60
80	20	14,0	90
60	40	14,5	77
80	20	15,5	78
Teile		Kilogr. für 1 qcm	

Echte Puzzolane bildet ein braunrotes, gemischtkörniges Pulver, das um so wirksamer ist, je mehr in Salzsäure lösliche Teile es enthält und je feiner seine Bestandteile sind. Das Hektolitergewicht gesiebter loser Puzzolane beträgt 88 kg und das Einheitsgewicht 2,40.

Die Anwendung der Puzzolane beschränkt sich heute fast ausschließlich auf Wasser- und Luftbauten in Italien. Festigkeitsangaben liegen zurzeit nicht vor.

151. Santorinerde.

Die Santorinerde ist ein Gemisch aus vulkanischem Bimssteinsand mit feineren Bestandteilen vulkanischer Asche von der griechischen Insel Santorin. Als hydraulischer Zuschlag wirksam scheint dabei nur der feine, abschlämmbare Bestandteil zu sein, der erhebliche Mengen von wirksamer Kieselsäure enthält. Die Santorinerde bildet ein grauweißes, lockeres Pulver, das mit Kalkteig, im Verhältnis von 75 bis 80 Vomhundert Santorinerde zu 20 bis 25 Vomhundert Kalkteig, ohne weiteren Wasserzusatz als steifer Mörtel verwendet wird. Santorinmörtel dient ausnahmslos zu Wasserbauten, besonders am Adriatischen Meer, widersteht dem Meerwasser nach einigen Tagen und erlangt nach den Versuchen von *Boemches* am Triester Hafenbau binnen Jahresfrist im Meerwasser größere Festigkeit als Portlandzementmörtel. An der Luft, besonders bei Besonnung, wird auch bereits erhärteter Santorinmörtel bald mürbe und bröckelig. Das Hektolitergewicht beträgt lose 90 kg und das Einheitsgewicht 2,37. Die Festigkeiten bei der Mischung 1:3 sind ähnlich wie bei Traßmörtel.

152. Traß.

Der in Deutschland bekannteste und in ausgedehntem Maße verwendete hydraulische Zuschlag ist der Traß. Für Tiefbau und Wasserbau hat er eine be-

[101]) Siehe: Polyt. Journ., Bd 246, S 540 — und: Baumaterialienkde 1902, S. 123 ff.

langreiche Bedeutung und besitzt einige Vorzüge, die ihm für manche Arbeiten die Verwendung selbst an Stelle von Portlandzement sichern. Traß ist ein vulkanischer Tuffstein, der in mächtigen Lagern im Nettetal unweit Andernach a. Rh. vorkommt, während das Brohltal bereits ziemlich ausgebeutet ist. (Siehe Art. 30, S. 95.)

Es gibt minderwertige Arten von Traß („wilden" Traß), die häufig mit den besseren Sorten gemischt als Verfälschungsmittel dienen.

Für die Prüfung von Traß sind auf der Rüdersdorfer Versammlung des deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik im Jahre 1900 Beschlüsse gefaßt worden, die hier auszugsweise wiedergegeben werden.

Guter Traß soll mindestens 7 Vomhundert Glühverlust (chemisch gebundenes Wasser) ergeben; doch sind auch Trasse mit $5^1/_2$ bis $7^1/_2$ Vomhundert Glühverlust zuzulassen, wenn die für die Festigkeit gestellten Bedingungen erfüllt werden. Der Traß soll möglichst fein gemahlen sein, so daß auf dem Siebe mit 900 Maschen auf 1 qcm höchstens 25 Vomhundert und auf dem von 5000 Maschen nicht mehr als 50 Vomhundert zurückbleiben. Bei der Nadelprobe sind die auf dem 144-Maschensiebe liegenbleibenden Körner auszuschließen. Die Mischung ist mit 2 Gewichtsteilen Traß, 1 Gewichtsteil Kalkhydratpulver und 0,9 bis 1 Gewichtsteil Wasser bei 15 bis 18 Grad C. anzurühren, in eine Hartgummidose ohne Boden, die auf Glasplatten gesetzt wird, zu füllen und sofort in das Wasserbad von 15 bis 18 Grad C. zu bringen. Nach 2, 3, 4 und 5 Tagen ist die Nadelprobe zu machen. Wird Traßmörtel bei niedrigen Temperaturen angewendet, so sind Proben auch bei solchen anzustellen.

Aus 2 Gewichtsteilen Traß, 1 Gewichtsteil Kalkhydratpulver (Marmorkalk), 3 Gewichtsteilen Normalsand und 0.9 bis 1 Gewichtsteil Wasser sollen Zug- und Druckprobestücke in der für Zementprüfungen üblichen Weise hergestellt, erstere 20 Minuten, letztere 24 Stunden nach der Fertigstellung aus den Formen genommen und darnach 24 Stunden in feuchter Luft aufbewahrt werden, wonach sie 6, bezw. 27 Tage unter Wasser von 15 bis 18 Grad C. weiter erhärten. Unmittelbar nach dem Herausnehmen aus dem Wasser sind die Versuchskörper zu prüfen. Gegenwärtig werden nach 28tägiger Erhärtung 12 kg für 1 qcm Zugfestigkeit und wenigstens 60 kg für 1 qcm Druckfestigkeit beansprucht, wobei die Mittelwerte der 6 höchsten Zahlen von je 10 Probekörpern zur Berechnung kommen [102]). Das Hektolitergewicht lose eingelaufenen Trasses soll nicht mehr als 94 kg und das Einheitsgewicht 2,23 kg betragen.

Nach den Untersuchungen in der Technischen Versuchsanstalt zu Berlin weichen die Festigkeiten für die verschiedenen Trasse sehr erheblich voneinander ab.

Von 8 verschiedenen Trassen wurden Mischungen von $1^1/_2$ Raumteilen Traß, 1 Raumteil Fettkalk und $1^3/_4$ Raumteil Rheinsand hergestellt und zeigten folgende Zug- und Druckfestigkeitswerte:

	Zugfestigkeit		Druckfestigkeit	
Alter	6 Wochen	18 Wochen	6 Wochen	18 Wochen
Mindestwert	8,1	16,2	63,2	118,6
Höchstwert	23,6	28,7	168,9	194,6
Mittel aus den Durchschnittswerten	14,9	21,4	94,4	149,1
	Kilogr. für 1 qcm.			

Im allgemeinen ist das Verhältnis $\frac{\text{Zug}}{\text{Druck}}$ bei Traß im Durchschnitt $^1/_6$, bei Portlandzement $^1/_8$ bis $^1/_{12}$; daher haben die Traßmörtel wohl hohe Zugfestigkeiten, dagegen geringere Druckfestigkeiten.

Heifeldt schlägt nach seinen Versuchen folgende Mischungsverhältnisse als die günstigsten vor:

1	1	1	1	Raumteil Traß
$^1/_2$	$^3/_4$	1	$1^1/_4$	Raumteile Fettkalk
1	2	3	4	„ Sand.

[102]) Vergl. auch: Hambloch, A. Der rheinische Traß als hydraulischer Zuschlag usw. Andernach 1903 – ferner: Koning & Poienfait. Über Traßprüfung. Baumaterialienkde. 1897–98, S. 200.

Da Traßmörtel ſchon in kurzer Zeit ausreichend genügende Feſtigkeiten erlangt und bedeutend nachhärtet, außerdem aber bei richtiger Miſchung ſehr kräftige Adhäſionsfeſtigkeit und vollſtändige Waſſerdichtigkeit beſitzt infolge der größeren Plaſtizität, ſo wird er mit Recht als Waſſermörtel ſehr geſchätzt. Dazu kommt noch, daß er bei Bauten unmittelbar unter Waſſer eine weit geringere Schlammbildung zeigt als Portlandzement. Hydrauliſcher Kalk erhöht die Qualität von Traßmörtel weſentlich.

Die Ausgiebigkeit von Traßmörtel hängt vom Sandzuſatz ab, und 1 cbm fertiger Mörtel benötigt bei den Miſchungen

Traß	Kalk	Sand	Traß	Kalk	Sand
2 :	1 :	0	1 :	1 :	3
930 l	470 l	— l	310 l	310 l	900 l
1 :	1/2 :	1	1 :	1 1/4 :	4
590 l	290 l	590 l	250 l	280 l	1000 l
1 :	3/4 :	2			
400 l	300 l	790 l			

Da dieſe Miſchungen nahezu gleiche Feſtigkeiten ergeben und Traß weſentlich billiger iſt als Portlandzement, ſo ſtellt ſich auch der Preis von 1 cbm Traßmörtel weſentlich günſtiger [103]).

i) Mörtel aus Puzzolanzement.

153. Puzzolanzement.

Wenn auch die Vorzüge des Traßmörtels anerkannt ſind, ſo ſteht doch ſeiner allgemeinen Anwendung entgegen, daß man zur Herſtellung desſelben aus dem Traßſtein Zerkleinerungsmaſchinen und zur vorteilhaften Miſchung ſorgfältiger Aufſicht und Miſchmaſchinen benötigt, weshalb nur größere Unternehmer ſolche Einrichtungen treffen können. Der Puzzolanzement jedoch iſt, wie der Portlandzement, ein zur Mörtelbereitung unmittelbar fertiges Erzeugnis, gemiſcht aus geeigneter, ſtaubfein gemahlener und im günſtigſten Verhältnis mit Staubhydrat maſchinell gemiſchter Puzzolane, bis jetzt ausſchließlich granulierter baſiſcher Hohofenſchlacke, alſo Hohofenſchlacke, in welcher auf ein Äquivalent Silikat mehr als ein Äquivalent Kalk vorhanden iſt und welche hauptſächlich aus dem Gießerei-Roheiſenprozeß herſtammt. Da derartige Schlacke ein läſtiges Abfallerzeugnis der Eiſenbereitung iſt, das in ungeheuren Mengen gewonnen wird, ſo iſt die Verwertung derſelben zu einem wertvollen hydrauliſchen Bindemittel von volkswirtſchaftlicher Bedeutung. In Deutſchland, der Schweiz, Frankreich, Öſterreich und Amerika hat die Verwendung von Schlackenzement ſich ſeit 1882 allmählich Eingang verſchafft und wird ſtets für manche Verwendungen dem Portlandzement ein gefährlicher Konkurrent ſein, wenn er auch denſelben niemals zu verdrängen vermag.

154. Eigenſchaften.

Die allgemeinen Eigenſchaften des Puzzolanzements kennzeichnen ihn als den Puzzolanmörteln verwandt; die möglichſt weit getriebene Feinpulverung des hydrauliſchen Beſtandteiles der Hohofenſchlacke, die ſorgfältige Auswahl der hierzu geeigneten Schlacke, die ſtrenge Einhaltung der als die günſtigſten gefundenen Miſchverhältniſſe und die auf das weiteſte getriebene maſchinelle Miſchung heben ihn jedoch nicht bloß in den Rang eines Zements, ſondern verleihen der mechaniſchen Miſchung Eigenſchaften, die in mancher Beziehung dem wertvollſten Bindemittel, dem Portlandzement, mindeſtens gleich kommen. Die Natur beider mechaniſch gemengter Beſtandteile offenbart ſich im Puzzolanzement: das Pulver iſt mehlweich; das Hektolitergewicht beträgt zwiſchen 90 und 100 kg loſe; der Er-

[103]) Siehe darüber auch: VAN DER KLOES, A. Zuſammenſetzung, Bereitung u. Gebrauch von Mörteln. Baumaterialienkde. 1900, S. 137.

härtungsbeginn wird von der Temperatur beeinflußt, obwohl nicht ſo auffallend wie bei Traßmörtel; das Einheitsgewicht beträgt etwa 2,7 und ſchwankt mit den Miſchungsverhältniſſen, die nach den grundlegenden Verſuchen *Tetmajer's*, je nach der Zuſammenſetzung der Schlacke und des Kalkes, zwiſchen 15 und 25 Vomhundert Kalk auf 75 und 85 Vomhundert Schlackenmehl in Gewichtsteilen wechſeln.

Die Erhärtungskraft iſt bei den günſtigſten Zuſammenſetzungen ſo groß, daß bei Sandmiſchungen ſowohl Zugfeſtigkeit als Druckfeſtigkeit häufig die Ziffern beſter Portlandzementmarken erreichen oder übertreffen. Aber eben hier zeigt ſich, daß die in den Normen feſtgelegten Anforderungen an Zug- und Druckfeſtigkeit zur vollen Kennzeichnung des Wertes eines Bindemittels nicht ausreichen: die Selbſtfeſtigkeit, die Außenhärte und Abnutzungsfeſtigkeit des beſten Schlackenzements wird von Portlandzementen ſtets übertroffen, welche auch weſentlich niedrigere Normenziffern zeigen als Schlackenzement. Dagegen ſind Bildſamkeit und Zähigkeit der Schlackenzemente für Adhäſionsfeſtigkeit und für Widerſtandsfähigkeit gegen Schlammbildung unter Waſſer günſtiger. Bezüglich der Raumbeſtändigkeit ſind richtig gemiſchte Schlackenzemente gegen Treiben ſicherer, neigen jedoch noch mehr zur Schwindriſſigkeit als Portlandzement.

Das Nachhärten von Puzzolanzement ſcheint mit einem halben Jahre abgeſchloſſen zu ſein, während Portlandzement über ein Jahr lang nachhärtet; an der Luft verhält ſich beſonders breiförmig angemachter Puzzolanzement weſentlich ungünſtiger als Portlandzement, und Portlandzement mit Kalkzuſatz zeigt auch bei hohem Sandzuſatz (1 : 6) an der Luft höhere Feſtigkeiten als Puzzolanzement in der Normalmiſchung 1 : 3. Für dieſe Miſchung werden folgende Feſtigkeiten nach 28tägiger Erhärtung angegeben:

Schlacke	Kalk	Zugfeſtigkeit	Druckfeſtigkeit
100	15	8,1 bis 33,1	55,6 bis 238,8
100	20	9,0 bis 36,3	55,8 bis 251,4
100	25	8,0 bis 38,1	46,6 bis 242,8
100	30	7,3 bis 40,5	50,2 bis 261,0
Teile		Kilogr. für 1 qcm.	

Dies ſind Schwankungen, wie ſie bei keinem anderen Mörtel auftreten.

Die Anforderungen an Puzzolanzement werden nur von den Schweizer Normen feſtgelegt.

„Schlackenzement ſoll auf dem 900-Maſchenſieb nur 1 Vomhundert Rückſtand zeigen. Als Waſſerzuſatz bei den Feſtigkeitsprüfungen mit 3 Teilen Sand ſind 10 Vomhundert vorgeſchrieben. Die normengemäße 28-Tageprobe ſoll für Schlackenzement 16 kg Zug- und 150 kg Druckfeſtigkeit für 1 qcm ergeben."

155. Ausgiebigkeit.

Die Ausgiebigkeit von Schlacken-Zementmörtel beträgt nach *Tetmajer* an Bedarf von Zement und Sand für 1 cbm feſten Mörtels bei einem Miſchungsverhältnis in Zement und Sand in Raumteilen:

Zement		Sand	Zement		Sand	Zement		Sand
1	:	1	1	:	2	1	:	2,5
900 kg		780 l	552 kg		1010 l	437 kg		1080 l
1	:	1,5				1	:	3
600 kg		880 l				400 kg		1170 l

156. Verwendung.

Da der Preis von Schlackenzement ſtets billiger ſein kann als der von Portlandzement, ſo wird er zu ſolchen Tief- und Waſſerbauten vorgezogen, die lang-

fam fortfchreiten, insbefondere zum unmittelbaren Betonieren unter Waffer. Zu Konftruktionen an der Luft, bei denen es fich um große Druckfeftigkeiten handelt und die der mechanifchen Abnutzung unterworfen find, bleiben Schlackenzemente im allgemeinen weniger geeignet, obwohl man in Amerika fie vielfach auch zu diefen Zwecken verwendet [104]).

Ähnlich dem Portlandzement werden Schlackenzemente zur Herftellung von Kunftfteinen, befonders farbigen Terrazzofliefen, Badewannen, Tifchplatten, Grabdenkmälern ufw. verwendet, da diefelben fich beffer färben laffen als Portlandzement und fehr fchöne Politur annehmen.

k) Mörtel aus gemifchten Zementen.

157.
Gemifchte Zemente.

Um einerfeits die tatfächlich im Handel vorkommenden Mifchungen aus fertigen Zementen mit geeigneten Zufchlägen als folche zu kennzeichnen und andererfeits unlauteren Wettbewerb durch Nichtbezeichnung der beigemifchten Beftandteile fernzuhalten, hat die Vereinheitlichungs-Konferenz diefelben als eine eigene Gruppe aufgeftellt und gefordert, daß fie nach dem Grundftoff und mit Angabe des Zufchlages ausdrücklich als gemifchte Zemente bezeichnet werden follen. Zu diefen Zementen gehören z. B. die Eifen-Portlandzemente, bei denen auf übliche Weife hergeftellten Portlandzementen hohe Prozentfätze von granulierter Hohofenfchlacke zugefetzt werden. Ihre Eigenfchaften nähern fich denen der Puzzolanzemente, die an der Luft fchlechter erhärten wie unter Waffer. Die Verfuche darüber find noch in der Schwebe [105]).

Insbefondere dienen folche gemifchte Zemente noch zur Steigerung gewiffer technifcher Eigenfchaften, z. B. zur Erhöhung der Gefchmeidigkeit (Portlandzement mit Kalkpulver oder mit hydraulifchem Kalk), zur Befchleunigung des Abbindens (Portlandzement mit Romanzement), zur Erhöhung der Adhäfion, der Wafferdichtigkeit, der Sandkapazität, zur Erzielung gewiffer Farbentöne. Sie liefern ihrer Befchaffenheit nach ausreichende, bequem und billig zu verarbeitende Bindemittel für befondere Zwecke. Die gemifchten Zemente werden häufig, unmittelbar mit dem paffenden Sandzufatz gemifcht, als Trockenmörtel in den Handel gebracht (fiehe Art. 94, S. 151).

Es fei hier noch eines weißen Zements der Portland-Zementfabrik Gößnitz Erwähnung getan, deffen Eigenfchaften völlig hydraulifch und wetterbeftändig fein follen und deffen Zufammenfetzung angeblich der gewöhnlicher Portlandzemente entfpricht, ohne allerdings deren Feftigkeit zu erreichen. Er ift rafch- und langfambindend und im Freien verwendbar, wodurch er fich von den Gipszementen unterfcheidet [106]).

l) Magnefia- und Gipsmörtel.

158.
Magnefiazemente.

Die Magnefia-Kalk- und die reinen Magnefiazemente haben nur befondere Bedeutung für beftimmte Zwecke. Während die Magnefiakalke, wie fchon in Art. 72 (S. 137) erwähnt, als Erfatz hydraulifcher Kalke und als magere Luftkalke dienen und fich durch befonders hohe Sandkapazität auszeichnen, alfo große Adhäfionskraft befitzen [107]), ift der reine Magnefiazement, der *Sorel*-Zement, aus ge-

[104]) Siehe: TETMAJER. Der Schlackenzement. Notizbl. d. Ziegl.- u. Kalkbr.-Ver. 1887, S. 79.
[105]) SCHUMANN, C. Über Portlandcement und gemifchte Cemente. Baumaterialienkde. 1903, S. 218
[106]) Siehe: Baumaterialienkde. 1897–98, S. 259.
[107]) Siehe: HAUENSCHILD. Die Dolomite und ihre praktifche Verwerthung. Techniker 1872, S. 418.
Die dolomitifchen Cemente. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1873, S. 201

brannten Magnefit mit Chlormagnefium in Löfung ftatt Waffer angemacht, dasjenige Bindemittel, welches unter allen die weitaus größte Kittkraft und Erhärtungsfähigkeit an der Luft befitzt. Seine mattweiße Farbe eignet ihn befonders zu dekorativen Gegenftänden, die glänzende Färbung und Politur annehmen und an trockener Luft auch dauerhaft find, während fie trotz ihrer verführerifchen fabelhaften Feftigkeit, Zähigkeit und Dichte in der Feuchtigkeit unfehlbar erweichen.

Die Fähigkeit, äußerft magere und doch fehr kräftig erhärtende Mifchungen mit allen möglichen Füllftoffen zu geben, hat verfchiedene Anwendungen zu Kunftfteinen, befonders täufchendem Kunftmarmor, Nachahmungen edler Hartgefteine, aber auch zu Holz- und felbft Elfenbeinnachahmungen hervorgerufen. Unter dem Namen „Xylolith" werden mit Holzftaub, Werg, Juteeinlagen ufw. gemagerte, fehr leichte, zähe und harte Bauplatten für Zwifchenwände, Böden ufw. verwendet. Die Zugfeftigkeit von Xylolith fteigt bei trockener Aufbewahrung auf 276 kg für 1 qcm, die höchfte bei einem Bindemittel bekannte Ziffer, während die Druckfeftigkeit über 900 kg für 1 qcm beträgt.

Einen gefährlichen Fehler befitzen nicht fehr forgfältig aus Magnefiazement erzeugte Gegenftände: fie zeigen häufig das fchon beim Portlandzement erwähnte Magnefiatreiben erft nach langer Erhärtung. Deshalb kann bei der Verwendung des in neuerer Zeit unter dem Namen „Bitumelith" aufgetauchten Gemifches von Afphaltpulver mit Magnefiazement zu Pflafterungen zwifchen Wänden nur Vorficht angeraten werden. Über die teigartig verwendeten Fußbodenbeläge fiehe Teil III, Band 3, Heft 3 diefes „Handbuches".

159.
Gipsmörtel.

Sehr ausgedehnt und mannigfaltig ift dagegen die Anwendung des Gipsmörtels bei Hochbauten als Putz- und Stuckgips und als Eftrichgips. Beide unterfcheiden fich fcharf voneinander, find aber ausgefprochene Luftmörtel.

Während aber der Luftkalk aus kohlenfauerem Kalk durch Austreiben der Kohlenfäure beim Brennen erzeugt wird, wird Gips durch Entfernen feines Hydratwaffers auf gleiche Weife aus fchwefelfaurem Kalk gewonnen. Ebenfo erhärtet Luftmörtel durch Aufnahme von Kohlenfäure, während dies bei Gips durch Zuführung von Waffer beim Anmachen gefchieht. Während Luftkalk aber erft bei Zufatz von Sand einen größeren Härtegrad erreicht, verdirbt gerade ein folcher den Gipsmörtel, und fchon 30 bis 40 Vomhundert davon verringern feinen Härtegrad wefentlich. Von einem eigentlichen Brennen des Gipfes kann man fomit nicht fprechen. Denn von den 21 Vomhundert Waffer, welche roher Gips enthält, gehen 16 Vomhundert bereits bei einer Temperatur von 81 bis 93 Grad C. verloren; ein zweiter Teil entweicht bei etwa 107 bis 130 Grad C. und der dritte, geringe Teil etwa bei 150 bis 170 Grad C. Der letzte Reft fchwindet erft bei 270 bis 300 Grad C. Unnötig hoch erhitzter Gips heißt „totgebrannt", obgleich ein eigentliches totbrennen nach *Michaëlis* und *Schott* nicht ftattfindet, da er immer noch, wenn auch fehr fpät, abbindet.

Beim Abbinden unter Zugabe von Waffer im Verhältnis von 1 : 1 bis 1 : 1½ unter Auskriftallifierung wafferhaltigen Gipfes aus überfättigter Löfung und unter Erwärmen, erleidet der Putzgips eine Raumvergrößerung von etwa 1 Vomhundert und erhärtet bis zur Vollendung der Kriftallifation. Nach dem Abbinden zeigt fich keine Raumvergrößerung.

Darauf beruht feine vortreffliche Eigenfchaft, fich in Formen gießen zu laffen und als Modelliermaterial erften Ranges zu dienen. Zu letzterem Zwecke benötigt man langfamerbindenden Gipfes; dies wird durch Verzögerung der Kriftallifation mittels Zufatz von Kolloidfubftanzen, wie Leimlöfung, Pflanzenfchleim oder Kalk-

brei usw., bewirkt. Da Gips, ähnlich wie Romanzement, mit sehr verschiedenen Wasserzusätzen, also in sehr verschiedener Dickflüssigkeit abbindet, ohne Wasser abzustoßen, so ist auch seine Porosität und damit seine Festigkeit nach dem Abbinden sehr verschieden. Alles, was den Wasserzusatz zu vermindern gestattet, macht den Gips auch dichter, haltbarer, schöner, insbesondere polierbar, daher die Wirkung der verschiedenen Zusätze, insbesondere von Kalkbrei (für Modellierung etwa 15 Vomhundert).

Die Verwendung des Gipsmörtels ist die älteste unter allen chemischen Mörteln. Die Ägypter haben ihn bereits beim Pyramidenbau benutzt. Obwohl die chemische Natur des Gipsmörtels seine Anwendung zu gewissen Zwecken von vornherein verbietet, so kann doch durch sachgemäße Bearbeitung und Schutz gegen zerstörende Einflüsse die Anwendung verallgemeinert werden. In Gipsgegenden, wie in Paris, am Harz usw., findet der Gips allgemeine Anwendung statt Luftkalkmörtel oder doch als ausgiebiger Zusatz zu solchem.

Die Beurteilung der Güte beruht heute noch ganz auf Erfahrung. Man ritzt auf der ebenen Fläche eines von der Glasplatte abgehobenen Kuchens eine gerade Linie mit einem Messer und bricht ihn an dieser Stelle entzwei. Der Bruch soll dann ganz scharf sein und genau in der geritzten Linie verlaufen. Einheitliche Verfahren zur Prüfung von Gips fehlen noch. Nur *Tetmajer* hat sehr wertvolle Angaben über die technischen Eigenschaften und Festigkeiten der schweizerischen Gipssorten veröffentlicht, aus denen das Folgende entnommen sei.

Das Hektolitergewicht schwankt lose zwischen 74 und 88 kg und ist gerüttelt noch verschiedener: zwischen 114 und 167 kg; das Einheitsgewicht beträgt zwischen 2,55 und 2,87, durchschnittlich 2,665 bei noch 3 Vomhundert Wassergehalt; die zur Herstellung eines Breies von Normaldichtigkeit nötige Wassermenge beträgt zwischen 48 und 72 Vomhundert, die Temperaturerhöhung beim Anmachen zwischen 7,3 und 24,2 Grad C., die Bindezeit zwischen 4½ und 20 Minuten, die Zugfestigkeit durchschnittlich nach 7 Tagen 11,8 kg, nach 28 Tagen 19,3 kg und nach 84 Tagen 23,1 kg für 1 qcm; die Druckfestigkeit nach 7 Tagen 55,6 kg, nach 28 Tagen 83,2 kg und nach 84 Tagen 127 kg für 1 qcm.

Der mit einer Hitze von 200 bis 300 Grad C. gebrannte Gips ist als Mörtelmaterial gänzlich unbrauchbar, wogegen der sog. Estrichgips, welcher bis zur Rotglut (bis 950 Grad C.) erhitzt war, sowohl für Baumörtel als auch besonders für Herstellung von Estrichen höchst brauchbar ist. Der gebrannte Estrichgips hat eine rötlichweiße Farbe, zum Unterschiede von dem Stuckgips, welcher bläulichweiß aussieht, ist auch grob gemahlen, während der andere ein mehr oder weniger feines Pulver darstellt. Estrichgips ist ferner langsam bindend, und zwar dauert der Abbindeprozeß 10 bis zu 50 Stunden, gewöhnlich aber 12 bis 18 Stunden. Hierbei spricht das Alter des Gipses und sein Wassergehalt mit, weil frischer Gips früher seine Endfestigkeit erhält als abgelagerter. Diese Festigkeit ist wesentlich höher, etwa bis 250 kg für 1 qcm, wie bei Stuckgips; doch haben bis jetzt darauf bezügliche Versuche noch zu keinem sicheren Ergebnis geführt.

Estrichmörtel erfordert 1 Teil Wasser auf 2,4 Teile Gips und hat hydraulische Eigenschaften, so daß er Feuchtigkeit und Witterungseinflüssen sehr gut widersteht. Auch muß der damit hergestellte Estrich feucht erhalten werden, damit kein vorzeitiges Verdünsten des Wassers eintritt, weil der Gips sonst mürbe und bröckelig wird. 1 l lose eingefüllter Estrichgips wiegt 1000 bis 1100 g, fest eingerüttelt 1500 bis 1600 g, ist demnach weit schwerer wie Stuckgips. Das Einheitsgewicht beträgt beinahe 2,9.

Bei normalem Estrichgips tritt weder Treiben noch Schwinden ein. Ersteres hat seinen Grund hauptsächlich darin, daß ihm Portlandzement in größerer Menge beigemischt wird, um das Abbinden zu beschleunigen. Dies dürfte höchstens bis 1½ Vomhundert geschehen. Auch Sandzusatz verträgt er nicht gut.

Das Treiben kann durch die Nadelringe von *Le Chatelier* ermittelt werden: 30 mm breite Ringe aus dünnem Meffingblech mit 30 mm Durchmeffer, die an einer Stelle aufgefchnitten find. Auf die Enden find Meffingnadeln von 150 mm Länge aufgelötet, deren freie Enden fich ftorchfchnabelartig berühren, fo lange die Füllmaffe fich nicht ausdehnt. Beginnt jedoch das Treiben, fo zeigt die Entfernung der Nadelfpitzen voneinander die lineare Ausdehnung in zehnfacher Vergrößerung [108]).

Eine unangenehme Eigenfchaft macht fich in vielen Fällen befonders beim Stuckgips geltend: die wechfelnde Aufnahme von Feuchtigkeit aus der Luft und das Verdunften derfelben bei trockener Witterung, weshalb Gipsmörtel als Grund für Wandmalerei völlig unbrauchbar ift. (Weiteres fiehe in Teil III, Band 3, Heft 3 diefes „Handbuches".)

160. Marmorzement.

Die Alaun- und Boraxgipfe oder *Keene*'s und Parianzemente find gebrannte, mit Alaun oder Borax getränkte und dann wieder bis zur Rotglut gebrannte Gipfe, welche befonders zu ornamentalen und figürlichen Verzierungen und zu farbenprächtigen Stuckmarmorarbeiten Verwendung finden [109]). Ihre Dichtheit und Härte, das unter geringem Wafferzufatz ermöglichte gleichartige Gefüge und die beträchtliche Erhärtung eignen fie zu wirkungsvoller Glanzpolitur, und ihre weiße Grundfarbe geftattet beliebige Färbung zur Herftellung aller möglichen Marmor- und Hartgefteins-Nachahmungen. Nach *Hartig* befitzt englifcher *Keene*'s-Zement, mit 20 Vomhundert Waffer angemacht, nach 4 Wochen eine Zugfeftigkeit von 36,9 kg und eine Druckfeftigkeit von 411 kg für 1 qcm, deutfcher Marmorzement dagegen 47,8 kg Zugfeftigkeit und 423 kg Druckfeftigkeit für 1 qcm. Er wird in Deutfchland zu Walkenried hergeftellt.

161. Gipsdielen.

Das Gebiet der Gipsmörtelverwendung ift in neuerer Zeit befonders durch Herftellung von Gipsdielen oder Schilfbrettern erweitert worden, leichten, zu Zwifchenwänden, Wandbekleidungen und Decken verwendeten Tafeln aus einem mit Schilfbündeln durchzogenen und mit allerlei leichten organifchen Abfallftoffen verfetzten Gipsguffe. Gegen feitliche Feuchtigkeit werden fie durch Bekleben mit Dachpappe gefchützt; doch ift es beffer, an feuchten Stellen überhaupt keine Gipsdielen anzuwenden, weil Gips fault, fondern dafür ebenfo hergeftellte Zementdielen zu benutzen. Näheres hierüber in Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 6, unter b, 1) diefes „Handbuches".

162. Härten des Gipfes.

Bauteile aus Gips werden dauerhaft gehärtet und gegen Witterungseinflüffe gefchützt durch Tränken mit fehr dünner Kalkmilch und nachherige Behandlung mit *Keßler*'fchen Fluofilikaten; fie werden abwafchbar gemacht durch Imprägnieren mit Paraffin oder Stearin, in Petroleumäther gelöft, oder nach dem *Dechend*'fchen Verfahren, nach welchem die trockenen Gipsabgüffe 24 Stunden lang in eine kalte Barytlöfung gelegt, dann mit Waffer abgewafchen und langfam getrocknet werden; darauf find fie während $^1/_2$ Stunde in eine heiße Löfung von 1 Teil Kernfeife in 15 bis 20 Teilen Waffer zu tauchen, zu reinigen und zu trocknen; endlich werden fie mit einer heißen, gefättigten Boraxlöfung geftrichen, worauf man noch einen heißen Chlorbaryum- und Seifenanftrich folgen läßt.

Literatur

über die „Verfchiedenen Mörtelarten und ihre Grundftoffe".

PANZER. Ueber das Vorkommen des hydraulifchen Kalkes etc. 1836.
LEBRUN. Der Steinmörtel etc. Aus dem Franzöfifchen. Ulm 1837.
ORBACH, J. v. d. Tuffftein, Traß und hydraulifcher Mörtel. Coblenz 1849. — 2. Aufl. 1863.
BECKER. Erfahrungen über den Portland-Cement. Berlin 1853.

[108]) Siehe auch: Verfuche mit Eftrichgips und Gipsmörtel. Hannoverfches Gewerbebl. 1902, S. 151.
[109]) Über Stuckmarmor fiehe auch: Teil III, Band 3, Heft 3 diefes „Handbuches".

GÖRZ, R. Chemifche und praktifche Unterfuchung der wichtigften Kalke des Herzogthums Naffau. Wiesbaden 1854.

COHN, J. Ueber die Wichtigkeit der Cemente in Beziehung auf gefunde Wohnungen, dauerhafte Waffer- und Prachtbauten, Kunftfteine, Anlegung von Silos, fowie auf Fabriks-Induftrie etc. Breslau 1855.

HERTEL, A. W. Die Lehre vom Kalk und Gyps etc. Weimar 1857. – 5. Aufl.: Kalk, Gyps, Cement etc. von F. NEUMANN. 1886.

GILLMORE, Q. *Practical treatife on limes etc.* New-York 1858–61. – 4. Aufl. 1872.

MANGER, J. Die Portland-Cemente etc. Berlin 1859.

BECKER, W. A. Praktifche Anleitung zur Anwendung der Cemente zu baulichen, gewerblichen, landwirthfchaftlichen und Kunft-Gegenftänden. Berlin 1860. – 2. Ausg. 1869.

HEUSINGER v. WALDEGG, F. Die Kalk-, Ziegel- und Röhrenbrennerei. In ihrem ganzen Umfang und nach den neueften Erfahrungen. Leipzig 1861. – 5. Aufl. 1903.

AUSTIN. *Practical treatife on the preparation, combination and application of calcareous and hydraulic limes and ciments.* London 1862.

HEUSINGER v. WALDEGG, E. Der Gypsbrenner, Gypsgießer und Gypsbaumeifter. Leipzig 1863.

ZIUREK. Ueber Mörtel. Zeitfchr. d. Arch.- und Ing.-Ver. zu Hannover. 1863, S. 381.

MIHALIK, J. v. Die hydraulifchen Kalke und Cemente. Peft 1865.

FERRAND, S. *Étude hiftorique, théorètique et pratique des ciments romains. Gaz. des arch.* 1865, S. 339, 352; 1866, S. 17, 51, 72, 196, 288.

GERSTENBERGK, H. v. Die Cemente, ihre Bereitung aus natürlich-hydraulifchen und künftlich-hydraulifchen Kalken, fowie ihre Anwendung zu baulichen, gewerblichen und landwirthfchaftlichen Zwecken, wie auch zu Kunftgegenftänden. Weimar 1865. – 2. Aufl. 1874.

REIN, H. *Practical treatife on the manufacture of Portland cement.* London 1868.

Färbung von Kalk-Mörtel. Deutfche Bauz. 1868, S. 436.

MICHAELIS, W. Die hydraulichen Mörtel, insbefondere der Portland-Cement in chemifch-technifcher Beziehung. Leipzig 1869.

Hydrauliche Mörtel. Deutfche Bauz. 1869, S. 275.

LOEFF, P. Gründliche Anleitung zum Bau von Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegelöfen, fowie zum Betriebe von Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegelbrennereien. Berlin 1870.

Kalk-Cement-Mörtel. Deutfche Bauz. 1870, S. 165.

Mörtel mit Sägefpähnen gemifcht. Deutfche Bauz. 1870, S. 75; 1876, S. 150.

LOEFF, P. Entwürfe zum Bau von Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegelbrennereien, in vollftändig ausgeführten Zeichnungen nebft gründlicher Anleitung zum Betriebe derartiger Anlagen. 2. Aufl. Leipzig 1873.

SCHÜLKE, H. & F. WIEBE. Unterfuchung über die abfolute Feftigkeit verfchiedener Mörtel. Deutfche Bauz. 1875, S. 334.

KLOSE, H. Der Portland-Cement und feine Fabrikation. Wiesbaden 1876.

BEHRMANN, TH. Beiträge aus Rußland zur Kenntniß des Portland- und Roman-Cements. Riga 1876.

MICHAELIS, W. Zur Beurtheilung des Cementes. Berlin 1876.

CHARPENTIER, A. *Des chaux et de matières hydrauliques au point de vue de l'hygiéne dans l'art de conftruire.* Paris 1877.

Nutzwerth verfchiedener hydraulifchen Mörtelmaterialien. Deutfche Bauz. 1878, S. 29.

Rheinifcher Traß. Deutfche Bauz. 1878, S. 311.

ZWICK, H. Kalk- und Luftmörtel etc. Wien 1879.

ZWICK, H. Hydraulifcher Kalk und Portland-Cement etc. Wien 1879.

HAUENSCHILD, H. Katechismus der Baumaterialien. Theil II: Die Mörtelfubftanzen. Wien 1879.

STEGMANN, H. Die Kalk-, Gyps- und Cementfabrikation. Berlin 1879.

WOLFF, E. W. Ueber Mörtel-Mifchungen und Mörtel-Proben. Deutfche Bauz. 1879, S. 292.

NAGEL, H. Die Bereitung und Verwendung der Cemente, ferner die Zufammenfetzung und Verwendung des Glafes. Stuttgart 1880.

Deutfche bautechnifche Tafchenbibliothek. Heft 58: Der Portland-Cement. Von W. W. MACLAY. Deutfch von B. STAHL & R. RUDOLFF. Leipzig 1880.

DYCKERHOFF, R. Eigenfchaften und Feftigkeit verfchiedener hydraulifcher Mörtel- und Betonforten, insbefondere aus Portland-Cement. Deutfche Bauz. 1880, S. 120.

DUQUESNAY. *Calcaires, chaux, ciments, mortiers.* Paris.

MACLAY, W. Der Portlandcement u. f. w. Leipzig 1880.

ERDMENGER, L. Eine Bemerkung über Feftigkeitserhöhung von Portland-Cement-Mörtel durch Zufätze. Deutfche Bauz. 1880, S. 461.

LEHMANN, O. Zur Frage der Feftigkeits-Erhöhung von Portland-Cement-Mörtel durch Zufätze. Deutfche Bauz. 1880. S. 500.

REDGRAVE, G. R. *The ufe of cements. Builder*, Bd. 39, S. 651.

The manufacture of Portland cement. Building news, Bd. 38, S. 505, 537, 591, 620, 677, 707; Bd. 39, S. 5.

What is mortar. Building news, Bd. 39, S. 231, 262.

REDGRAVE, G. R. *The early days of Portland Cement. Building news*, Bd. 39, S. 725.

JANSEKOWITSCH, O. Ueber die Verwendung des Cementes als Baumaterial. Klagenfurt 1881.

FAIJA, H. *Portland cement.* London 1881.

ERDMENGER, L. Feftigkeits-Steigerung des Portland-Zement-Mörtels durch Farben-Zufätze. Deutfche Bauz. 1881, S. 81.

DYCKERHOFF, R. Ueber Zement- und Traßmörtel. Deutfche Bauz. 1881, S. 260, 274.

LANGE, W. Zur Frage der Verbefferung des Zementmörtels durch Luftkalkzufätze. Deutfche Bauz. 1881, S. 323.

STAHL, B. Ueber Dichtigkeit von Cement und Cementputz. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1881, S. 162.

Gefchliffener Portland-Cement. Baugwks-Ztg. 1881, S. 611.

Zur Kenntniß des Cementes. Polyt. Journ., Bd. 241, S. 133, 199, 310.

HAUENSCHILD, H. Zur Frage der Erhärtung von Kalkmörtel. Notizbl. d. Ziegl.- u. Kalkbr.-Ver. 1881, S. 68.

PRÉAUDEAU, DE. *Note fur quelques expériences relatives au dofage des mortiers et des bétons. Annales des ponts et chauffées* 1881 – II, S. 393.

CUGNIN. *Recherches fur le dofage des mortiers. Nouv. annales de la conft.* 1881, S. 39, 57, 71.

BRULL, A. *Études fur les qualités du ciment de Portland. Nouv. annales de la conft.* 1881, S. 150, 177, 199.

MIDDLETON, R. E. *Portland cement: its manufacture and ufes. Building news*, Bd. 43, S. 828. *Builder*, Bd. 44, S. 36.

STROTT, G. K. Einiges über Gyps und Kalkftein, Alabafter und Marmor etc. Halle 1883.

TETMAJER, L. Normen für einheitliche Nomenclatur, Claffification und Prüfung der Bau- und Conftructionsmaterialien. Hydraulifche Bindemittel. Herausg. durch den fchweiz. Ingenieur- und Architecten-Verein. Zürich 1883. – 4. Aufl. 1901.

ARNOLD, H. Ueber den Einfluß des Sandes auf die Feftigkeit der Cementmörtel. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1883, S. 495.

TETMAJER, L. Ueber den Erhärtungsvorgang hydraulifcher Bindemittel. Schweiz. Bauz., Bd. 1, S. 53.

TETMAJER, L. Zur Frage der Prüfung und Claffification hydraulifcher Bindemittel. Schweiz. Bauz., Bd. 1, S. 123.

FAIJA, H. *Portland cement and concrete. Building news*, Bd. 44, S. 236.

PERRODIL, DE. *Sur la marche du durciffement des mortiers de ciment de Portland dans l'eau et dans l'air, ainfi que fur la formation et fur l'influence de l'hydrofilicate et du carbonate de chaux dans ce phénomène. Annales des ponts et chauffées* 1884 – I, S. 592.

FEICHTINGER. Chemifche Technologie der Mörtelmaterialien. Braunfchweig 1885.

BELELUBSKY, N. Zur Normenfrage für Cemente. Rigafche Ind.-Zeitg. 1885, S. 277.

CANDLOT, F. *Étude pratique fur le ciment de Portland etc.* Paris 1886.

SCHULATCHENKO, A. Ueber die Nomenclatur der Luft- und Waffermörtel. Civiling. 1886, S. 561.

TARNAWSKI, A. Kalk, Gyps, Cementkalk und Portland-Cement in Oefterreich-Ungarn etc. Wien 1887.

HARTIG, E. Zur Begriffsbildung in der Mörteltechnik. Civiling. 1887, S. 537.

BONNAMI, H. *Fabrication et controle des chaux hydrauliqes et des ciments etc.* Paris 1888.

Der Gyps als Baumaterial. Deutfche Bauz. 1889, S. 415.

ALEXANDRE, P. *Recherches expérimentales fur les mortiers hydrauliques. Annales des ponts et chauffées* 1890 – II, S. 277.

CANDLOT, E. *Ciments et chaux hydrauliques etc.* Paris 1891.

Der Portland-Cement und feine Anwendung im Bauwefen. Bearbeitet im Auftrage des Vereins deutfcher Portland-Cement-Fabrikanten. Berlin 1892.

BÜSING, F. W. & C. SCHUMANN. Der Portland-Cement und feine Anwendung im Bauwefen. Berlin 1892. — 2. Aufl. 1899.

TETMAJER, L. Hydraulifche Bindemittel. Zürich 1893.

BERNHARD, L. Gipsabgüffe, Stuckarbeiten und künftlicher Marmor etc. Frankfurt a. M. 1893.

HARTIG. Das elaftifche Verhalten der Mörtel und Mörtelbindematerialien. Civiling. 1893, S. 435.

CASTNER, W. Der Cement und feine rationelle Verwerthung zu Bauzwecken etc. Leipzig 1894.

MACK, L. Ueber hydraulifchen Gips (Cementgips) und über das fog. Alaunifiren des Gipfes. Stuttgart 1896.
SCHOCH, C. Die moderne Aufbereitung der Mörtelmaterialien. Berlin 1896 — 2. Aufl. 1904.
Beiträge zur Mörtelbereitung. Zeitfchr. f. Arch. u. Ing. 1896, Wochenausg., S. 129.
LUCHT, PH. J. Kurze Anleitung für die Verarbeitung und Verwendung von Portland-Cement etc. Frankfurt a. M. 1897.
ZAMBONI, C. *Propofition d'une formule rationelle pour déterminer la quantité d'eau qu'on doit employer dans la confection des mortiers normaux d'effai.* Baumaterialienkde., Jahrg. 2, S. 31.
BACH, v. Die fcheinbare und die wahre Zugfeftigkeit, insbefondere des Zementes. Deutfche Bauz. 1898, S. 107.
MICHAËLIS, W. Der Erhärtungsprozeß der kalkhaltigen hydraulifchen Bindemittel. Baumaterialienkde. 1898, S. 49.
NÁNDOZ, N. Das Verhalten der hydraulifchen Bindemittel zum Meerwaffer. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1898, S. 504.
UNNA, A. Die Beftimmung rationeller Mörtelmifchungen etc. Köln 1899.
UNNA, A. Die Beftimmung rationeller Mörtelmifchungen unter Zugrundelegung der Feftigkeit. Dichtigkeit und Koften des Mörtels. Köln 1899. — 2. Aufl. 1900.
PEDROTTI, M. Der Gips und feine Verwendung. Wien 1901.
NASKE, C. Die Portland-Cement-Fabrikation etc. Leipzig 1903.
ROHLAND, P. Der Portland-Zement vom phyfikalifch-chemifchen Standpunkte. Leipzig 1903.
BIRD, J. *Chaux hydrauliques et ciments Portland de Lafarge et du Teil.* Paris 1903.
ROHLAND, P. Der Stuck- und Eftrichgips etc. Leipzig 1904.

Literatur

über „Prüfung von Zementen und Mörteln", einfchl. „Prüfungsvorrichtungen".

WYLSON, J. *Elementary effay on mortar and cements. Builder,* Bd. 2, S. 254, 261, 285.
ERDMENGER, L. Zementprüfung in der Alltäglichen Baupraxis. Deutfche Bauz. 1878, S. 234, 244.
Amtliche Einführung der Normen über einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Zement. Deutfche Bauz. 1878, S. 485.
FRIEDRICH. Ueber Zugfeftigkeit von Zement. Deutfche Bauz. 1879, S. 332.
WOLFF, E. W. Ueber Mörtel-Mifchungen und Mörtel-Proben. Deutfche Bauz. 1879, S. 292.
Apparate zur Prüfung von Cementmörtel. Polyt. Journ., Bd. 233, S. 318.
STUDT's Dynamometer zur Prüfung von Zement-Proben. Ann. f. Gwb. u. Bauw., Bd. 4, S. 212.
STAHL, B. Verbefferung an dem Cementprüfungsapparat von Dr. Michaëlis. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1880, S. 112.
Bericht des Cement-Comités über die Beftimmungen für die einheitliche Benennung der zu Bauzwecken verwendeten hydraulifchen Bindemittel, und die einheitliche Lieferung und Prüfung derfelben. Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1880, S. 81.
MICHAËLIS, W. Zur Prüfung des Cements. Baugwks.-Ztg. 1880, S. 666, 679.
KRAFT, W. Zugfeftigkeits-Apparat zur Prüfung von Portland-Cement. Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1881, S. 9.
Meffrs. Francis and Co.'s cement works, Cliffe, Kent. Engineer, Bd. 53, S. 57.
HAUENSCHILD, H. Neuer Mörtelprüfungs-Apparat. Baugwks.-Ztg. 1882, S. 286.
TETMAJER, L. Normen für einheitliche Nomenclatur, Claffification und Prüfung der Bau- und Conftructionsmaterialien. Hydraulifche Bindemittel etc. Zürich 1883.
TETMAJER, L. Zur Frage der Prüfung und Claffification hydraulifcher Bindemittel. Schweiz. Bauz., Bd. 1, S. 123.
FRÜHLING, H. Prüfung des Kalk-Mörtels. Deutfche Bauz. 1884, S. 409.
Warum kann die Zugfeftigkeitsprobe mit drei Teilen Sand nicht als Werthmeffer für verfchiedenartige hydraulifche Bindemittel benutzt werden? Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 203.
Fairbank's Cement-Prüfer. Techniker, Jahrg. 6, S. 115.
Michelès patent automatic cement tefting machine. Builder, Bd. 48, S. 283. *Engineer,* Bd. 59, S. 478.
Faija's *cement mill and tefting apparatus. Engineer,* Bd. 60, S. 432.
Michelès cement tefting machine. Engng., Bd. 39, S. 251.
Cement tefting machines. Railroad gazette, Bd. 17, S. 388.

BOURY, E. *Méthode et appareils pour l'effai des agglomérants et des mortiers hydrauliques. La femaine des conft.*, Jahrg. 11, S. 272.
Cement tefting machine. Engng., Bd. 44, S. 12.
Arnold's cement tefter. Builder, Bd. 53, S. 579.
Die ftädtifche Prüfungsanftalt für hydraulifche Bindemittel in Wien. Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1889, S. 193, 198, 202.
FOSS, A. Beftimmung des Kalkgehalts in Kalkmörteln auf dem Bauplatze. Baugwks.-Ztg. 1889, S. 528.
TETMAJER, L. Der fchweiz. Normalapparat zur Prüfung der Druckfeftigkeit hydraulifcher Bindemittel. Schweiz. Bauz., Bd. 13, S. 7.
Cement tefter. Engng., Bd. 48, S. 623.
MICHAËLIS, W. Vorrichtung zur Ermittelung der Haftfeftigkeit des Mörtels. Baugwks.-Ztg. 1891, S. 101.
GREIL. Apparat zur Beftimmung der Abbindeverhältniffe hydraulifcher Bindemittel mit automatifcher Regiftrirung. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1893, S. 371.
Methoden und Refultate der Prüfung hydraulifcher Bindemittel. Zürich 1894.
Apparate und Mafchinen zur Prüfung von Bauftoffen, befonders Zement. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdwk. 1896, S. 115, 123.
Traßprüfung. Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 179.
Die Prüfungsmethoden des Cements. UHLAND's Techn. Rundfchau. 1898, Gruppe II: Bau-Induftrie, S. 15.
ZIELINSKI, C. Vergleichende Unterfuchungsmethode der Roman-Cemente etc. Budapeft 1901.
Außerdem die vorher angegebenen Werke.

m) Mörtelmafchinen.

163.
Mörtelmafchinen.

Im Vorhergehenden ift bereits mehreres über die Bereitung des Mörtels, namentlich infoweit fie durch Handarbeit gefchieht, gefagt worden; insbefondere find die Hauptgrundfätze, die bei der Mörtelbereitung maßgebend find, angegeben worden. Einige hier einfchlägige Einzelheiten wird auch Teil 1, Band 3 (Bauführung) diefes „Handbuches" bringen. Demgemäß werden wir uns an diefer Stelle ziemlich kurz faffen können.

Aus der Wirkungsweife der Mörtel geht hervor, daß alles, was die Annäherung ihrer einzelnen Beftandteile befördert und was die Gleichmäßigkeit der Mifchung erhöht, die Güte des Mörtels verbeffern müffe, und zwar in einem Grade, welcher genau durch die Elemente des *Stefan*'fchen Gefetzes gegeben ift.

Bei der Schwierigkeit, einen vollkommen gleichmäßigen Mörtel mittels Handarbeit zu erzielen, und bei dem gewaltigen Mörtelbedarf der großen Bauten der Neuzeit hat auch hier die Benutzung von Mafchinen fchon frühzeitig Eingang gefunden.

Unter den verfchiedenen Konftruktionen von Mörtelmafchinen laffen fich im wefentlichen drei Syfteme unterfcheiden: Mafchinen mit Zinken, mit Quetfchwerk und mit Meffern.

164.
Mafchinen mit Zinken.

1) Mörtelmafchinen mit Zinken haben den Vorteil, daß bei ihnen alle Zwifchengetriebe, wie Räder, Riemen ufw. entbehrlich find, da man einen der Arme, welche die mifchenden Zinken tragen, verlängern und die Pferde unmittelbar daran fpannen kann; dagegen wird die Arbeit des Mengens von ihnen nicht gehörig vollführt.

Hierher gehört die ältefte Konftruktion einer Mörtelmafchine, jene von *Perronet*; fie ift nichts als eine kreisrunde, flache Rührvorrichtung nach Art der Tonrührwerke, entweder mittels Göpel für Pferdebetrieb oder für Mafchinenantrieb eingerichtet. Das Mifchen vollbringen abwärts bis auf die ringförmige Mifchbahn reichende Zinken, welche an einem Querarm gut verankert find und fchaufelartige Fortfätze tragen, wodurch ein ftetes Umwenden und Durchmifchen bewirkt wird.

Ein Pferd kann mit einer folchen Mörtelmafchine in der Stunde 4 bis 5 cbm Mörtel fertigftellen.

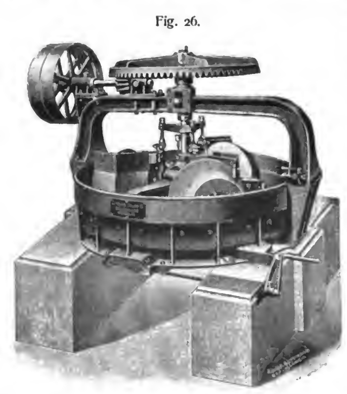
165. Mafchinen mit Quetfchwerk.

2) Mörtelmafchinen mit Quetfchwerk. In einer offenen Pfanne wird die Mifchung durch umlaufende Quetfchwalzen bewirkt, oder es wird die Pfanne unter den rotierenden Walzen in Umdrehung gefetzt. Der Nutzeffekt ift den neueren Mafchinen mit Meffern gegenüber ein geringer; auch macht man folchen Vorrichtungen den Vorwurf, daß der Sand zerdrückt wird, was allerdings bei Sanden, die fehr grobe Körner enthalten, kein Nachteil ift, jedenfalls aber die Flächenanziehung befördern hilft.

Man hat auch die beiden Syfteme mit Quetfchwerk und mit Zinken vereinigt und damit eine Mafchine erzielt, welche eine beffere Nutzleiftung gibt und fich für Pferdebetrieb gut eignet.

Als Beifpiel diene die Mafchine von *Le Brun*, welche, wie die *Perronet*'fche, eine kreisrunde Mifchbahn mit lotrechter Welle befitzt; aber an der Welle fitzen an Armen 4 Paar fchwere Wagenräder, welche den Mörtel kneten und die Knollen zerdrücken, während 4 Arme mit Zinken die niedergewalzte Mörtelmaffe hinter jedem Rade wieder aufrühren und umwenden. Nachdem die Maffe genügend gemifcht ift, werden zwei die ganze Mifchbahn quer durchfetzende Schaufeln, welche, bisher aufgehangen, fich mitdrehten, herabgelaffen, und gleichzeitig wird ein Schieber am Boden derfelben geöffnet. Dadurch wird der fertige Mörtel rafch entfernt.

Fig. 26.



Kollergang von *Boeklen*[110]).

In das vorliegende Syftem find auch die Kollergänge einzureihen, von denen Fig. 26, der vom *Grufonwerke* in Magdeburg nach dem Syftem *Boeklen* gebaute, ein Beifpiel gibt[110]).

Nach der im untengenannten Auffatze gegebenen Befchreibung befteht er „aus einer gußeifernen Schale, in der drei Hartgußläufer von doppeltkonifcher oder beffer noch balliger Form um eine Spindel rotieren, die in einer Traverfe mit Halslager und in einem Spurlager läuft. Die Läuferachfen find mit der Spindel gelenkartig verbunden und können durch eine Aufhängevorrichtung in beftimmtem Abftande über dem Boden feftgehalten werden, fo daß event., alfo z. B. bei genügend feinem Sande, nur ein Kneten der Maffe, nicht aber ein Zerkleinern der Sandkörnchen ftattfindet. Am Boden laufen dann noch Scharren mit der Spindel um, die das bei Seite gedrückte Mifchgut immer wieder den Läufern zuführen. Der Betrieb erfolgt chargenweife, die Entleerung durch einen Schieber mit Handhebel oder Kurbel".

166. Mafchinen mit Meffern.

3) Mörtelmafchinen mit Meffern. Es war naheliegend, den Grundgedanken der Tonfchneider für die Mörtelbereitung zu verwenden; die neueren Mafchinen find faft ausfchließlich nach diefem Syftem gebaut. Der Mörtel wird in zylindrifchen Trommeln, die im Inneren mit Meffern befetzt find, gemifcht. Man hat Mafchinen mit lotrecht, mit fchräg und mit wagrecht liegender Mifchtrommel.

Roger in Paris hat den ftehenden Tonfchneider für die Zwecke der Mörtelbereitung umgeändert, und die franzöfifchen Architekten und Ingenieure arbeiten vielfach mit feinen Mafchinen. Diefe find nichts als ftehende Zylinder mit einer oberen trichterförmigen Mündung und lotrechter rotierender Mefferwelle im Inneren. Drei Kränze von fpiralförmig geftellten Armen mit Seiten-

[110]) Fakf.-Repr. nach: SCHOCH, C. Die Kalkfandfteinfabrikation, Fig. 6.

zinken, wovon der mittlere an der Außenwand feſtſitzt, kneten und mengen den Mörtel, indem ſie ihn zugleich nach dem Boden zu drücken. Daſelbſt befindet ſich ein ſternförmiges Syſtem von breiten Flacheiſen, welches durch eine Anzahl Schlitze im Boden den fertigen Mörtel durchpreßt. Die Leiſtung iſt durchſchnittlich die von 8 Mörtelarbeitern. Am Hafenbau von Algier wurden ſehr günſtige Erfahrungen damit gemacht. — Die von ***Boué*** konſtruierte Mörtelmaſchine hat einen Eiſenblech-Zylinder von etwa 1 m Höhe und 0,85 m Durchmeſſer, worin ſich eine mit den radial geſtellten Meſſern beſetzte lotrechte Welle dreht; damit die Maſſe nicht zu ſchnell durch die Trommel hindurchgehe, ſind im Inneren der letzteren noch ein paar feſte Arme angenietet. Mittels einer 4-pferdigen Lokomobile können in 10 Stunden etwa 60 cbm Mörtel erzeugt werden. Ähnliche lotrecht ſtehende Mörtelmaſchinen für Handbetrieb wurden beim Bau der Gotthardbahn verwendet.

Die lotrechten Mörtelmaſchinen haben aber notwendig einen unvermeidlichen Fehler, nämlich daß beſonders anfangs die Miſchung wegen des Durchfallens der zu miſchenden Mörtelbeſtandteile und wegen der ungleichen Schwere derſelben nicht gleichmäßig genug iſt. Dieſer Übelſtand wird durch die nach unten ſich verengende Form des Trichters (abgeſtumpfter Kegel) der Miſchmaſchinen von ***Bünger & Leyrer*** in Düſſeldorf verringert. Das nach unten ſinkende Material wird in einen immer kleineren Raum gedrängt. Auch iſt der Gang dadurch leichter, daß die Meſſer unten, wo der Widerſtand des Materials infolge des auf ihm laſtenden Druckes am größten iſt, am kürzeſten ſind. Die genannten Übelſtände fallen bei den Mörtelſchneidern liegender Konſtruktion weg, welche gegenwärtig in Deutſchland am gebräuchlichſten ſind, obwohl die ſtehenden Maſchinen einen geringeren Kraftaufwand erfordern.

Fig. 27.



Mörtelmaſchine von *Schlickeyſen* in Berlin.

Bei den Maſchinen mit ſchrägliegender Trommel wird die letztere, nachdem ſie mit den Mörtelſtoffen gefüllt iſt, in Umdrehung geſetzt. Solche Maſchinen werden häufig vorgezogen, wenn der Mörtel ſofort zur Betonbereitung verwendet werden ſoll, weil er alsdann unmittelbar aus der Trommel in die untenliegende Betontrommel geleitet werden kann.

Unter den Maſchinen mit wagrechter Trommel ragt beſonders jene von *Schlickeyſen* hervor. Dieſe Mörtelmaſchine hat ſich bei vielen Bauten in Berlin, Hamburg uſw. ſeit Jahren bewährt und iſt jetzt ſo verbeſſert und hat ſolche unleugbare Vorteile gebracht, daß man nach dem Vorgange Berlins ſchon hie und da eigene Mörtelfabriken angelegt hat, welche, mittels Dampf betrieben, überall auf die Bauſtellen hin den fertigen Mörtel liefern.

Ein liegender Zylinder mit ſpiralförmig an einer zentralen Achſe und an den Außenwänden angeordneten Knetmeſſern empfängt aus einem Trichter mit Regelungsvorrichtung immer die entſprechende Menge Kalkbrei und Sand, welche beide durch verhältnismäßige Becherwerksaufſätze zugeführt werden; der Sandaufzug iſt außerdem noch mit einer Siebvorrichtung zur Entfernung des groben Kieſes verſehen. Der fertige Mörtel verläßt am entgegengeſetzten Ende des Zylinders denſelben und fällt gleich in die Transportwagen. Gewöhnlich iſt zur Erhaltung vollkommen ſicher ſtetigen Betriebes eine Erſatzmaſchine mit aufgeſtellt. Eine 6-pferdige Dampfmörtelanlage leiſtet in 10 Arbeitsſtunden gegen 100 cbm Mörtel, erſetzt demnach reichlich 50 Mörtelmacher und verſorgt 300 Maurer mit Mörtel, angenommen, daß ein Maurer täglich 500 Backſteine (Normalformat) vermauert und auf 1000 Ziegel $6^2/_3$ hl Mörtel benötigt.

Fig. 27 bringt eine Anſicht dieſer viel verbreiteten Mörtelmaſchine.

Vorzüglich iſt die in Fig. 28 dargeſtellte muldenförmige Mörtelmaſchine der mehrfach genannten Baumaſchinenfabrik *Bünger & Leyrer* zu Düſſeldorf-Derendorf. Dieſe hat eine 3 m lange Mulde, ſo daß das geſamte Miſchgut einen 3 m langen Weg, auf dem es fortwährend durcheinander gearbeitet wird, zurücklegen muß. Leiſtungsfähigkeit durchſchnittlich 5 cbm in 1 Stunde.

Ein Vorteil der wagrechten Maſchinen liegt noch darin, daß die Lager der

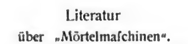
Welle nicht ſo mit dem Mörtel in Berührung kommen wie bei den lotrechten, was den Gang der Maſchine erleichtert und die Dauerhaftigkeit erhöht.

Kleinere wagrechte Mörtelmaſchinen mit Kurbelantrieb, mit 2 Knetachſen und abwechſelnden Meſſern baut die Georgs-Marienhütte in Osnabrück. Sie leiſten in der Stunde zwar nur 1,0 bis 1,5 cbm Mörtel mit zwei Mann an der Kurbel, haben aber den Vorteil der leichten Transportierbarkeit [111]).

Bei richtiger Auswahl der Mörtelmaſchine erſpart ſie reichlich doppelt die Koſten der Handmiſchung bei auffallend und unzweifelhaft geſteigerter Güte des Mörtels und Erſparung an Bindemittel. Nicht wenig hat auch, beſonders in großen Städten, die Raumerſparnis zur jetzt ſo allgemein gewordenen fabrikmäßigen Herſtellung von Maſchinenmörtel beigetragen.

Fig. 28.

Mörtelmaſchine der Düſſeldorfer Baumaſchinenfabrik *Bünger & Leyrer* in Düſſeldorf-Derendorf.



Literatur

über „Mörtelmaſchinen“.

LECOINTE, A. Bemerkungen über einige mechaniſche Verfahrungsarten zur Bereitung des Mörtels und Betons. Allg. Bauz. 1843, S. 399.

Mörtelmaſchine von ROGER. *Journ. de l'arch.* 1850, S. 93. Polyt. Centralbl. 1850, S. 1356.

OPPERMANN. Notiz über eine bei dem Baue der Innerſte-Brücke im Gebrauch befindliche Mörtelmaſchine. Notizbl. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1852—53, S. 11.

LENTZE. Mörtelmühle für den Bau der Weichſelbrücke bei Dirſchau. Zeitſchr. f. Bauw. 1861, S. 378.

FRANZIUS. Kritik der gebräuchlichen Mörtelmaſchinen. Deutſche Bauz. 1868, S. 136.

Mörtelbereitungsmaſchine. ROMBERG's Zeitſchr. für prakt. Bauk. 1870, S. 199.

KOPKA. Die mechaniſche Mörtel- und Beton-Bereitung. HAARMANN's Zeitſchr. für Bauhdw. 1871, S. 97, 116, 131, 145.

PÜTSCH, A. Mörtelmaſchinen. Baugwks.-Ztg. 1871, S. 367, 375.

Ueber Mörtelmaſchinen. Maſchinenb. 1871, S. 375.

Mörtelmühle mit Selbſtentleerungsapparat. HAARMANN's Zeitſchr. für Bauhdw. 1871, S. 188.

Ueber Mörtelmaſchinen. Deutſche Bauz. 1873, S. 226.

RABITZ, C. Die Mörtelbereitungs-Maſchine. Baugwks.-Ztg. 1874, S. 188.

Fabrikmäßige Mörtelherſtellung für Berliner Bauten. Deutſche Bauz. 1876, S. 230.

RÜHLMANN, M. Allgemeine Maſchinenlehre. Band 2. 2. Aufl. Braunſchweig 1876. S. 296—307.

SCHLICKEYSEN. Verbeſſerungen an Ziegel-, Torf- und Mörtelmaſchinen. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 181.

[111]) Näheres über Mörtelmaſchinen ſiehe in: Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften. Bd. IV. Abth. 3, Lief. 4. Leipzig 1888. Kap. XV: Mörtelmaſchinen. Von E. SONNE. — Ferner im Katalog der Düſſeldorfer Baumaſchinenfabrik *Bünger & Leyrer* in Düſſeldorf-Derendorf.

Transportable Mörtelmühle. Mafchinenb. 1880, S. 185.
Gubbins' mortar mixing machine. Engineer, Bd. 52, S. 347.
Einiges über Mörtelmafchinen. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 299.
Neue Mörtelbereitungsmafchine. Deutfches Baugwksbl. 1882, S. 291.
UHLAND, W. H. Handbuch für den praktifchen Mafchinen-Conftructeur. Band II. Leipzig 1883. S. 136.
Handbuch der Ingenieurwiffenfchaften. Bd. IV, Abth. 3, Lief. 4. Leipzig 1888. Kap. XV: Mörtelmafchinen. Von E. SONNE.
Mörtelmafchine von *Brück, Kretfchel & Co.* in Osnabrück. Baugwks.-Ztg. 1888, S. 307.
Mafchine zum Mifchen von Beton und Mörtel. Schweiz. Bauz., Bd. 14, S. 150.

---

4. Kapitel.

Beton.

Von † HANS HAUENSCHILD; neu bearbeitet von HUGO KOCH.

167. Betonarten.

Unter dem allgemeinen Namen Beton faffen wir hier im Gegenfatze zu Verbandmauerwerk jenen für die Herftellung von raumbegrenzenden Konftruktionen dienenden Bauftoff zufammen, bei welchem der Mörtel nicht bloß Verbindungsmaterial, fondern gleichzeitig eigentliches Konftruktionsmaterial ift, während die damit verbundenen Steine, die mit der umhüllenden Mörtelmaffe ein untrennbares Ganze bilden, als Füllftoff auftreten. Da das Aufführen von urfprünglich plaftifchem Mauerwerk nur zwifchen Lehren gefchehen kann, fo unterfcheidet man auch bezüglich letzterer zwei wefentlich verfchiedene Arten von Beton. Ift die Lehre bleibend, vertritt fie die Stelle der Verblendung bei Verbandmauerwerk, fo ift der Beton nur Füllmaffe, wenn auch tragend; er ift Gußmauerwerk, wie es die Römer, Mauren und die Meifter des Mittelalters anwandten. Oder die Lehren find bloß Gerüftwerk, welches bis zur erfolgten Erhärtung ftehen bleibt; dies ift alsdann der eigentliche Beton oder *Concrete*[112]), wie die Engländer ihn nennen.

Zu Beton, der bisweilen auch Grobmörtel genannt wird, werden alle Arten Mörtelftoffe verwendet und auch die im gemeinen Wortfinn nicht als eigentliche (chemifche) Mörtel betrachteten Stoffe, wie Afphalt. Nach dem Bindeftoff erhält auch der Beton feine nähere Bezeichnung. Luftbeton ift der mit Luftmörtel hergeftellte Beton. Was man in der Baupraxis fchlechtweg als Beton bezeichnet, wird ftets aus hydraulifchen, beim Erhärten nicht oder doch nur wenig fchwindenden Mörteln hergeftellt. Das alte Gußmauerwerk, von deffen Dauerhaftigkeit das Pantheon in Rom ein glänzendes Zeugnis gibt, war Puzzolanmörtel mit fo wenig fchwindender Maffe, daß das Setzen der Verblendung und das Setzen der Füllung einander gleich blieben, nicht bloß im linearen Schwinden, wodurch überhaupt von vornherein die Möglichkeit eines dauerhaften Mauerwerkes bedingt ift, fondern auch im zeitweifen Schwinden, wodurch die Dauer eines Gußmauerwerkes gewährleiftet wird.

Mit dem Verfall der Gußmörtel-Technik fchwand allmählich die Zahl der gelungenen Gußmörtelbauten; bei der noch heute fortdauernden urfprünglichen Weife der Mörtelbehandlung, welche durch den Gegenfatz zwifchen den Ergebniffen der Mörtelprüfungen und der aus diefen Mörteln aufgeführten Bauten grell beleuchtet wird, fand bis vor kurzem der eigentliche Beton, das Stampfmauer-

---

[112]) Nach *Paisley* follen die Engländer *Concrete* (vom Lateinifchen *concrefco*) zuerft 1817 angewendet haben. – In Deutfchland werden häufig »Beton« und »Konkrete« als nicht gleichbedeutend angefehen. Nicht felten wird für den Konkretbau als kennzeichnend angegeben daß ftatt der Steinbrocken oder auch neben diefen anderweitige Füllftoffe, wie Afche, Schlacken ufw., zur Anwendung kommen.

werk, welches Monolithe herſtellen ſoll, nur ſelten ſo viel Vertrauen, um mit der 10fachen Sicherheit nicht als Wagnis zu gelten; jedoch iſt in den letzten Jahren durch Klarlegung der Grundſätze ſachgemäßer Mörteltechnik und durch ſcharfe Befolgung derſelben in der Praxis, namentlich aber durch maſchinelle Miſchung und Verarbeitung, ſowie die Verbindung mit Eiſeneinlagen, die Anwendung von Beton auch im Hochbau immer allgemeiner geworden.

168. Füllſtoffe.

Als Füllſtoffe werden in den meiſten Fällen natürlicher Fluß- und Grubenkies, ſowie künſtlich klein geſchlagene Steinſtücke verwendet; außerdem werden auch Hohofenſchlacken, Steinkohlenaſche uſw. gebraucht.

Man fordert von den zur Betonbereitung dienenden Steinſtücken, daß ihre Korngröße nicht zu verſchieden ſei und 4 bis 5 cm nicht überſteige; ferner daß ſie frei von Staub-, Schlamm- und Erdteilchen ſeien und daß ſie eine möglichſt rauhe Oberfläche haben, damit der Mörtel beſſer anhafte. Die Erfüllung der letztgenannten Bedingung iſt indes nicht unbedingt notwendig, da man auch mit ganz glatt geſchliffenen Flußkieſeln einen guten Beton erzeugen kann.

Man pflegt wohl auch noch als Bedingung aufzuſtellen, daß zum Beton beſonders harte Steine zu verwenden ſeien; indes iſt dies nicht richtig, da es genügt, ſolche Steine zu wählen, deren Druckfeſtigkeit der Druckfeſtigkeit des erhärteten Mörtels gleichkommt.

Die Verbindung zwiſchen Steinſchlag und Mörtel wird eine um ſo innigere werden, je mehr die in den Berührungsflächen der Steinbrocken ſteckenden Teile derſelben durch Feuer aufgeſchloſſen ſind. Es empfehlen ſich deshalb in erſter Reihe Dolerit, Baſalt, Trachyt, Lava, Porphyr uſw.; aus gleichem Grunde geben auch Brocken aus normal gebrannten Backſteinen einen guten Füllſtoff ab, vorausgeſetzt, daß ſie gar gebrannt, keine Bleicher und nicht ſchlackig ſind [113]). Außer dieſen Materialien wird auch Steinſchlag aus feſteren Sand- und Kalkſteinen, aus Grauwacke uſw. angewendet.

Die ſchon gedachten Hohofenſchlacken ſind gleichfalls mit Erfolg zur Betonbereitung benutzt worden, wobei ihre hydrauliſchen Eigenſchaften und die verhältnismäßige Billigkeit zugute kommen. Dadurch entſteht ſog. Schlackenbeton, welcher elaſtiſch iſt und in kurzer Zeit (7 Tagen) dieſelbe Feſtigkeit erlangt wie der mit beſſeren Zuſchlägen hergeſtellte Beton; jedoch iſt die Nacherhärtung nur gering. Dieſe Schlacken-, Ziegel- uſw. Betons ſind infolgedeſſen, ſowie wegen ihrer großen Poroſität nur dort empfehlenswert, wo man ſich mit einer geringeren Feſtigkeit begnügen kann und mehr Gewicht auf die geringere Eigenlaſt, beſſere Wärmeiſolierung, raſchere Arbeit und niedrigere Koſten legt [114]).

Die ſcharfkantig ebenen Begrenzungsflächen des geſchlagenen Steines ſind der Ineinanderlagerung und der erreichbaren Feſtigkeit günſtiger als die abgerundeten, krummflächigen von Flußgeſchieben oder Flußkies. Nach *Tetmajer* beträgt bei ſog. Normalbeton, bei dem Normalmörtel ſämtliche Zwiſchenräume von Kies oder Steinſchlag ſatt ausfüllt, die Druckfeſtigkeit nach 28 Tagen Waſſererhärtung bei ſcharfem Kies 351 kg, bei rundem Kies 282 kg für 1 qcm; dagegen tritt die eigentliche Mörtelfeſtigkeit beim runden Kies mehr hervor und insbeſondere das größere Anhaftungsvermögen von Portlandzementmörtel gegenüber ſchwächeren Bindemitteln.

Unter beſtimmten Umſtänden wird ſtatt Kies und Füllſtoff einfach Sand verwendet, und in dieſem Falle tritt die Korngröße des Sandes als wirkſamer

---

113) Böes, C. Beiträge zur Beton-Frage. Deutſche Bauz. 1874, S. 53.

114) Schustler, J. Cement- und Betonproben. Zeitſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1899, Nr. 72 u. 73.

Faktor in der Weiſe in Geltung, daß feinkörniger Sand, weil ſeine Zwiſchenräume kleineren Durchmeſſer haben und Kapillarröhren darſtellen, gegen Ausſpülung durch bewegtes Waſſer mehr ſchützt als grobkörniger Sand. Zum ſog. Sandbeton, der in neueſter Zeit mit Erfolg bei Hafenbauten verwendet wird, kommen hochmagere Feinſandmiſchungen zur Anwendung, welche dem Wellenſchlag beſſer widerſtehen als Kiesbeton. Auch iſt Sandbeton dort empfehlenswert, wo es auf Erzielung von Waſſerdichtigkeit ankommt.

Häufig wird zu Beton Kies verwendet, bei dem alle Korngrößen und Formen bis zum feinſten Sand gemiſcht erſcheinen, und dadurch werden die Zwiſchenräume ſehr günſtig ausgefüllt; deshalb erreicht auch Beton aus gemiſchtem Kies hohe Feſtigkeit. Da die Zwiſchenräume gleichgroßer Körper in regelloſer Lagerung etwa 40 Vomhundert betragen und der Durchmeſſer der Hohlräume dabei zwiſchen $^2/_5$ und $^1/_6$ der Körperdurchmeſſer beträgt, ſo wäre die günſtigſte Miſchung für Kies von 5 cm Durchmeſſer eine dementſprechend abgeſtufte Miſchung verſchiedener Korngrößen, die zuletzt den Mindeſtzwiſchenraum oder die dichteſte Lagerung ergeben, die annähernd entſpräche:

auf	1000	Raumteile	von	50 mm	Durchmeſſer
+	200	„	„	20 „	„
+	200	„	„	8 „	„
+	40	„	„	5 „	„
+	80	„	„	3 „	„
+	40	„	„	1,3 „	„
+	16	„	„	0,8 „	„
+	. . .			. . .	

In Wirklichkeit iſt das Verhältnis natürlich ſehr wechſelnd, je nachdem die Korngrößen verſchieden ſind und je nach dem Verwendungszwecke.

Für Luftbeton, bei dem es wünſchenswert iſt, daß er behufs Vermittelung der Lüftung möglichſt porös iſt und beim Durchtritt der Kohlenſäure zur Erhärtung beiträgt, alſo bei Verwendung von Kalkmörtel oder Zement-Kalkmörtel, iſt die Menge Füllſtoff Kies plus Sand am größten und nur ſo viel Bindemittel nötig, um die ſich ſonſt unmittelbar berührenden Flächen des Füllſtoffes zu verkitten, ohne ihre körperlichen Zwiſchenräume auszufüllen. Je mehr die Beſtandteile durch Stampfen einander genähert und ineinander verkeilt werden, deſto ſparſamer iſt der Zuſatz von Bindemittel bei noch genügender Feſtigkeit geſtattet. Deshalb iſt bei Hochbauten ſtets die Verwendung von Beton mit überſchüſſig vorwiegenden Füllſtoffen oder magerem Beton angezeigt.

Wenn es ſich dagegen um Abſchluß von Waſſer und Feuchtigkeit handelt, beim hydrauliſchen Beton, gilt das Geſetz von *Rondelet*: die nötige Menge Bindemittel iſt gleich der Summe der Hohlräume des Füllſtoffes. Beſonders hat ſich nach *Schuſtler*[114]) der zur Hälfte aus Portlandzement und zur Hälfte aus Romanzement gemiſchte Beton für unterirdiſche Bauten günſtig erwieſen, weil ſeine Feſtigkeit nicht geringer, die Dichtigkeit aber größer iſt als die des reinen Portlandzementbetons.

169. Mörtelmenge.

Die Beſtimmung der Hohlräume bei Betonmaterialien iſt daher praktiſch wichtig. Für groberen Schotter und Kies iſt es genügend genau, wenn man nach der Vorſchrift von *Rondelet* ein Maßgefäß mit dem betreffenden Material füllt und ſo lange Waſſer darauf gießt, bis die Oberfläche von Kies mit der Waſſerfläche gleich iſt. Die Menge zugegoſſenen Waſſers iſt gleich der Summe der Hohlräume und ſoll bei ſattem Beton durch eine gleich große Menge Mörtel

erfetzt werden. Wegen der dickflüffigen Breikonfiftenz des Mörtels ift aber zur allfeitigen Umhüllung und Verkittung, befonders bei Beton, der nur gefchüttet, nicht geftampft werden kann, ein Übermaß von Mörtel nötig oder wenigftens rätlich, das nach *Tetmajer* + 5 Vomhundert, nach *R. Dyckerhoff* aber 15 Vomhundert betragen foll. Für fatten Beton oder Normalbeton rechnet man deshalb 40 bis 50 Vomhundert Mörtel.

Vom Einfluffe des Sandes auf die Feftigkeit und Ausgiebigkeit des Mörtels ift fchon in Art. 79 u. 83 (S. 141 u. 143) die Rede gewefen. Sowohl die Korngröße, als die Kornform können bei gleichem Bindemittel die Feftigkeiten um 100 Vomhundert und mehr ändern. Als Beleg hierfür feien noch die Verfuche von *Suchier* hierüber angeführt.

Portlandzementmörtel mit 3 Gewichtsteilen Sand nach 28 Tagen ergab

1) bezüglich der Korngröße:	Feiner Staubfand (Sandftaub)	10 kg für 1 qcm
	Grobkörniger Sandftaub (Streufand)	12 „ „ „
	Feinfand (Verputzfand)	14 „ „ „
	Normalfand	16 „ „ „
	Gewöhnlicher Grubenfand, in allen Korngrößen gemifcht	19 „ „ „
	Flußfand (fcharf und grobkörnig)	21 „ „ „
	Kiesfand (in Erbfengröße)	23 „ „ „
	Pochkies (fehr fcharf und rein)	29 „ „ „
2) bezüglich der Kornform:	Normalfand (fcharf und eckig)	16 „ „ „
	Gewöhnlicher Mauerfand (rundkörnig)	12 „ „ „
	Schieferfand (weich)	8 „ „ „

Außer der Befchaffenheit des Sandes hat natürlich die Menge desfelben den größten Einfluß auf die Mörtelfeftigkeit. Tatfächlich ift auch durch viele Verfuche nachgewiefen, daß die Feftigkeit mit dem Prozentgehalt des Mörtels an Bindemittel im geraden oder mit dem Prozentgehalt des Mörtels an Sand im umgekehrten Verhältnis fteht. Daß diefe naheliegende Funktion nicht offenkundig ift, liegt nur daran, daß die Praxis nicht mit Prozentverhältniffen zu rechnen gewohnt ift, fondern das Bindemittel als Einheit der Mifchung anfetzt und den Sand als abwechfelnd im Sinne eines Divifors ftatt eines Summanden fchreibt[115]).

Von der Feftigkeit des verwendeten Mörtels hängt naturgemäß auch die Feftigkeit des Betons ab; indes ift fie meift größer als die Mörtelfeftigkeit an fich.

Je nach der Beanfpruchung der Betonkonftruktion wird daher die Magerung des Mörtels geringer oder größer genommen, und da hierbei die Mörtelmenge mit fteigendem Sandzufatz wächft, fo wird bei fteigender Magerung auch die Menge Kies wachfen müffen, die, auf die Mörtelmaffe bezogen, fo viele Zwifchenräume hat, als durch den Mörtel ausgefüllt werden können. Von diefem Grundfatze ausgehend, ergeben fich die richtigen Mifchungsverhältniffe für verfchieden gemagerte Betonmifchungen wie folgt:

Zement + Sand + Kies = 1 + 2 + 5; 1 + 3 + 6,5; 1 + 4 + 8,5 und 1 + 6 + 12.

170. Grundfätze für die Betonmifchung.

Diefe Mifchungsverhältniffe find von *R. Dyckerhoff* mit Rheinkies von 5 bis 30 mm Korngröße und 35 Vomhundert Zwifchenräumen gefunden worden. Je nach den Hohlraumprozenten wird die Mörtelmenge in der Praxis ftets fchwanken; im allgemeinen aber gilt als Erfahrungsregel:

1) Satter Beton wird erhalten, wenn man den Kiesanteil etwa doppelt fo groß nimmt als den Sandanteil, wobei man aber bei Materialien mit größerem

[115]) Siehe: HAUENSCHILD. Neue Aufgaben für künftige Conferenzen. Thonind.-Ztg. 1891, S. 908 – fowie: MARTENS, A. Prüfung der Druckfeftigkeit von Beton. Baumaterialienkde. 1900, S. 131.

Hohlraum den Anteil an Kies entſprechend verringern muß. Aus den Grundſätzen der Verkittung ſind auch die folgenden Regeln zu erklären:

2) Die Feſtigkeit von Beton wird weſentlich beeinträchtigt, wenn man bloß reinen Zement und Kies nimmt, anſtatt dem Zement entſprechenden Sandzuſatz zu geben, weil die innere Reibung durch Mangel an genügendem Bindeſtoff vermindert iſt.

3) Ein Beton, welcher eben ſatt aus Zementmörtel und Kies hergeſtellt iſt, beſitzt mindeſtens dieſelbe Feſtigkeit wie der Zementmörtel für ſich, gleiche Beſtandteile beim Anmachen vorausgeſetzt.

4) Eine Verminderung der Kiesmenge unter die erhobene, aus den Zwiſchenräumen berechnete Menge iſt unökonomiſch, da hierdurch ohne Erhöhung der Feſtigkeit die Koſten beträchtlich ſteigen. Bei 1 Zement + 4 Sand geben 5 Teile Kies nur um 4,9 kg Feſtigkeit mehr als 8½ Teile Kies.

5) Die Zunahme der Feſtigkeit erfährt bis 7 Monate (von 1 Monat ab) eine bedeutende Steigerung, und zwar eine um ſo größere, je magerer der verwendete Mörtel iſt. Bei 1 Zement + 3 Sand beträgt die Steigerung 30 Vomhundert; bei 1 + 8 beläuft ſich dieſelbe auf 40 Vomhundert, bei Zement-Kalkmörtel von 1 + 1 + 6 ſogar auf 85 Vomhundert [116]).

Nachfolgende Tabellen ſeien als Belege für die Stichhaltigkeit dieſer Regeln angeführt. *Dyckerhoff* fand nach 28 Tagen Waſſererhärtung für Portlandzementbeton folgende Ergebniſſe:

Miſchungsverhältniſſe in Raumteilen				Druckfeſtigkeit	Miſchungsverhältniſſe in Raumteilen				Druckfeſtigkeit
Zement	Kalkteig	Sand	Kies		Zement	Kalkteig	Sand	Kies	
1	—	2	—	151,8	1	—	3	6½	108,2
1	—	2	3	196,2	1	—	4	—	75,2
1	—	2	5	170,5	1	—	4	5	90,9
1	—	—	5	69,9	1	—	4	8½	86,0
1	—	3	—	98,8	1	1	6	—	53,5
1	—	3	5	111,6	1	1	6	12	52,1
				Kilogr. für 1 qcm					Kilogr. für 1 qcm

Die Verſuchsſtation der Reichseiſenbahnen in Straßburg hat mit Betonmiſchungen ſehr intereſſante Verſuche vorgenommen; hierbei wurde auch die Ausbeute geprüft, und nach 7 Monaten ſind folgende Ergebniſſe erzielt worden:

Miſchungsverhältnis			Ausbeute	Erforderlich zu 1 cbm Beton	Druckfeſtigkeit
Zement	Sand	Kies			
1	3	6	6,65	210	140,0
1	4	8	8,85	158	121,2
1	5	10	11,25	125	94,1
1	6	12	13,45	104	96,8
und 1 Kalkteig				Kilogramm Zement und 75 l Kalkteig	Kilogr. für 1 qcm
Hektoliter					

Der Sand war Rheinſand, durch ein Sieb von 5 mm Maſchenweite geſiebt; der Kies war Rheinkies von 5 bis 45 mm Korngröße.

Miſchungsverhältnis			Ausbeute	Erforderlich zu 1 cbm Beton	Druckfeſtigkeit
Zement	Kiesſand	Steinſchlag			
1	5	8 Baſalt-	9,80	142,5	147,9
1	6	10 Kalkſtein-	11,45	122,0	121,0
1	7	11 Sandſtein-	12,55	112,0	83,0
1	8	13 Sandſtein-	14,80	94,0	91,2
und 1 Kalkteig				Kilogramm Zement und 66 l Kalkteig	Kilogr. für 1 qcm
Hektoliter					

Der Kies beſtand aus gleichen Teilen Sand und Kies bis zu 18 mm Korngröße.

[116]) Siehe auch: Praktiſche Winke für den Mörteltechniker. Baumaterialienkde. 1896–97. S. 354.

Die Ausgiebigkeit der verschiedenen Betonmischungen läßt sich nach den schon im vorhergehenden Kapitel angegebenen Grundsätzen entweder rechnerisch oder durch Versuche finden.

171. Ausgiebigkeit und Gewicht.

Nachfolgend seien für verschiedene Mischungsverhältnisse und verschiedene Bindemittel die für 1 cbm fertigen festgestampften Beton nötigen Mengen der letzteren angeführt. *Tetmajer* fand für sog. Normalbeton aus Gewichtsteilen 1 Zement + 1,81 Sand + 4,41 Kies als Materialbedarf für 1 cbm Beton: 294 kg Zement, 394 l Sand und 920 l Kies.

Hauenschild fand bei den gebräuchlichsten Betonmischungen mit verschiedenen Bindemitteln folgenden Bedarf an letzteren:

Zement	Sand	Kies	Portlandzement	Romanzement	Hydraulischer Kalk
1	1	2	—	385	—
1	2	4	280	200	190
1	2	5	245	—	168
1	3	6	185	—	130
1	4	9	128	—	—
1	6	12	93	—	—
Raumteile			Kilogramm für 1 cbm Beton.		

Das Einheitsgewicht des Betons hängt hauptsächlich vom Gewicht des verwandten Füllstoffes ab und beträgt 1,5 bis 2,5. Es wiegt 1 cbm Beton aus Steinschlag von sehr festen natürlichen Steinen etwa 2200 bis 2500 kg, aus Steinschlag von weniger festen natürlichen Steinen 1800 bis 2100 kg und aus Backsteinbrocken 1500 bis 1700 kg.

Die Bereitung des Betons geschieht je nach der Natur der verwendeten Mörtelstoffe auf verschiedene Weise.

172. Bereitung.

1) Kalkpisé und Beton aus Fettkalk mit hydraulischen Zuschlägen wird in der Weise bereitet, daß man den Kalkteig nur so weit verdünnt, daß er mit der berechneten Sandmenge einen möglichst steifen Mörtel bildet. Ist der nahezu flüssige Kalkbrei tüchtig mit Krücken abgeknetet, so daß das Wasser völlig gleichmäßig verteilt ist, so mißt man die entsprechende Sandmenge ab, schüttet sie auf den auf einer Holzbühne ausgebreiteten Kalkbrei, rührt, knetet und stampft die Massen so lange miteinander ab, bis die einzelnen Bestandteile durchaus nicht mehr unterschieden werden können. Es kann nicht genug betont werden, daß man ja nicht zu viel Wasser verwenden soll; der Kalkbrei aus der Grube hat in der Regel genügende Knetbarkeit, um auch ohne weiteren Wasserzusatz einen noch völlig bindenden Mörtel zu geben. Alles überschüssige Wasser schadet der Festigkeit und Raumbeständigkeit, bei Mörteln mit hydraulischen Zuschlägen auch der Hydraulizität, d. h. entweder verdunstet das Wasser und läßt Hohlräume zurück, nachdem die Erhärtung eingetreten ist, oder die Masse schwindet während des Erhärtens und gleichzeitigen Trocknens, oder es bilden bei Wasserbauten die zwischen den gequollenen Mörtelteilchen befindlichen größeren Wasserhüllen Kanalnetze, durch welche der Druck des bewegten Wassers zerstörend einwirken kann, da die Flächenanziehung nur bei möglichster Nähe der Mörtelteilchen Widerstand genug leistet.

Ist der Fettkalk in Form von Kalkpulver vorhanden, oder handelt es sich um Verwendung von magerem oder hydraulischem Kalk, so wird aus dem gemessenen Sand, den Steinkohlenschlacken oder Traß usw. ein Ring von etwa 1 m innerem Durchmesser gebildet, in die Mitte die dieser Füllstoffmenge entsprechende Menge Kalk geschüttet und aus einer Kanne mit Brause die nötige Menge Wasser zu-

geſetzt, worauf ſofort der Sand uſw. mittels Krücken untermiſcht und ſo lange abgeknetet wird, bis eine völlig gleichartige Maſſe entſteht, die, raſch mit dem gehörig benetzten Steinſchlag vermiſcht, ſofort zur Verwendung kommen muß.

Am häufigſten jedoch wird die Miſchung des Mörtelpulvers, ſei es nun Staubkalk, zu Staub gelöſchter magerer oder hydrauliſcher Kalk, Romanzement oder Portlandzement mit dem Füllſtoff ſo vorgenommen, daß beide in trockenem Zuſtande zwei- bis dreimal tüchtig untereinander geſchaufelt werden, dann in die Mitte der ringförmig ausgebreiteten Maſſe die genau bemeſſene Waſſermenge geſchüttet wird, worauf man die Miſchung von allen Seiten unter vorſichtiger Verhütung von ungleich naſſen Stellen ausführt. Zuletzt miſcht man die vorher gut unter Waſſer genetzte Menge Kies oder Steinſchlag bei.

2) Bei der Herſtellung von Kalk-Zementbeton wird entweder dem Kalkbrei die für die Zementzutat nötige Waſſermenge zugeſetzt und in den nun dünnflüſſigen Brei zunächſt der Zement und dann erſt der Sand eingerührt, was *Hauenſchild* als ſehr bequeme und ſichere Bereitungsweiſe aus eigener Erfahrung empfehlen kann, oder es wird dem trockenen Gemiſch von Zement und Sand der verdünnte Kalkbrei zugefügt. In beiden Fällen iſt zu beachten, daß hierbei auf 1 Raumteil Portlandzement nicht mehr als höchſtens $^1/_3$ Raumteil Waſſer genommen werde; ſelbſt mit $^1/_4$ Raumteil erzielt man bei ſehr fettem Kalk noch richtige Knetbarkeit.

Was überhaupt die Waſſermenge anbelangt, welche zuzuſetzen iſt, um die nötige und genügende Knetbarkeit zu erzielen, ſo geben die Verſuche, welche vor Aufſtellung der Zementnormen und nach derſelben ſo vielfach ausgeführt wurden, ganz richtig das Erfahrungsergebnis, daß für jeden Zement, bezw. für jede Art von Zuſammenſetzung, Brandintenſität und Mahlung ein Größtwert von Dichtigkeit und damit Feſtigkeit mit einer beſtimmten Waſſermenge, gleiche Sandmenge und gleiche Sandqualität vorausgeſetzt, beſteht. Dieſer Größtwert ſchwankt für reinen Portlandzement zwiſchen 40 und 45 Gewichtsprozenten Waſſer, bei Romanzement zwiſchen 45 und 52 Vomhundert, gemiſcht mit 3 Gewichtsteilen Normalſand.

Bei hydrauliſchem und bei magerem Kalk gelten die gleichen Grundſätze, und hier gehen die Grenzen des richtigen Waſſerzuſatzes von 50 bis 80 Vomhundert, da mit ſteigendem Kalkgehalt ſchon zur Hydratbildung mehr Waſſer benötigt wird.

Man möge ja nicht ängſtlich ſein, daß dieſe Waſſerzuſätze nicht genügen dürften; es iſt nur zu ſorgen, daß einerſeits die Miſchung innig genug geſchieht und daß andererſeits die fertige Betonmiſchung ſo lange geſtampft werde, bis eine glänzende Oberfläche von ausgepreßter Feuchtigkeit ſich zeigt und die ganze Maſſe gleichmäßig elaſtiſch wird. Umgekehrt iſt es ein Zeichen von zu hohem Waſſerzuſatz, wenn ſchon während des Durchknetens die Betonmaſſe feucht glänzt oder gar halbflüſſig iſt.

3) Wenn Sand und Kies bereits gemiſcht zur Verfügung ſtehen oder wenn es für die Betonbereitung am nötigen Platz fehlt, ſo wird die unmittelbare Betonherſtellung vorgezogen. Da dieſe raſcher geſchehen kann als die doppelte Miſchung zuerſt von Sand und Bindemittel und dann von Mörtel mit Kies, ſo iſt ſie bei Verwendung von raſchbindendem Zement ſogar geboten. Jedoch wird hierbei nie die innige und gleichmäßige Miſchung erzielt wie beim erſten Verfahren, was auch durch die Verſuche von *Tetmajer* beſtätigt wird, die für gleiche Betonmiſchungen von Normalbeton nach 28 Tagen ergaben:

bei unmittelbarer Betonerzeugung und 3 Minuten Zeitdauer	bei vorangehender Mörtelerzeugung und 6 Minuten	15 Minuten Zeitdauer
237 kg	277 kg	288 kg

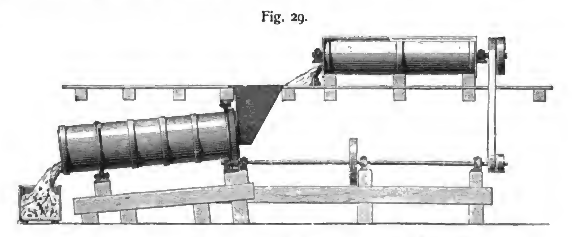
Druckfeſtigkeit für 1 qcm.

173. Beton-maſchinen.

Bei allen umfangreicheren Betonarbeiten werden behufs Erzielung innigſter Miſchung bei möglichſt beſchränktem Waſſerzuſatz Mörtelmaſchinen verwendet von Konſtruktionen, wie ſie im vorhergehenden Kapitel beſchrieben wurden. In dieſen wird nur der eigentliche Mörtel bereitet. Der Kies für ſich wird zuerſt gut genetzt und richtig abgemeſſen. Das Benetzen iſt deshalb unumgänglich notwendig, weil die Verkittung nur bei völlig gleichmäßiger Poroſität der Füllſtoffe ſtattfindet und ſonach ein vollſtändiges Abſpülen aller am Kies, Steinſchlag uſw. haftenden lehmigen, ſchlammigen und erdigen Teilchen vorgenommen werden muß. Beſonders wichtig iſt das Tränken mit Waſſer bei Verwendung von Backſteinbrocken, Steinkohlenſchlacken und poröſen Sandſteinen.

Die Miſchung des in der Mörtelmaſchine angefertigten Mörtels mit dem Steinſchlag oder Kies geſchieht meiſt in eigenen wagrechten oder geneigten rotierenden Trommeln, die das Überſtürzen des Gemiſches unter Fortbewegen nach dem anderen Ende der Trommel bewirken ſollen und entweder unterbrochen oder ſtetig arbeiten. Fig. 29 ſtellt eine ſolche Betonmiſchmaſchine der Düſſeldorfer Baumaſchinenfabrik *Bünger & Leyrer* in Düſſeldorf-Derendorf dar.

Fig. 29.



Betonmiſchmaſchine der Düſſeldorfer Baumaſchinenfabrik *Bünger & Leyrer* in Düſſeldorf-Derendorf.

Dieſe beſteht aus der wagrechten Mörtelmaſchine, welche in Fig. 28 wiedergegeben iſt und einer geneigten zylindriſchen Betontrommel von 4 m Länge, welche beide auf einem Holzgerüſt aufgeſtellt ſind. Der in der Mörtelmaſchine bereitete Mörtel fällt beſtändig in den Trichter, in welchen zu gleicher Zeit der nötige Kies oder Kleinſchlag geworfen werden muß.

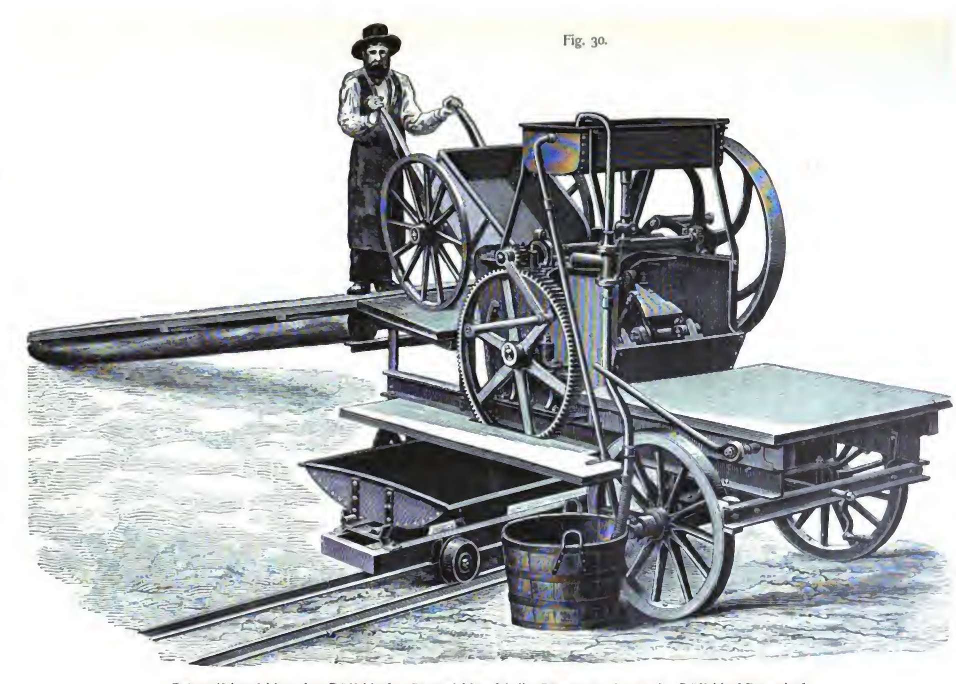
Solche Betonmaſchinen werden mit bis zu 14 cbm Leiſtung in der Stunde geliefert.

Auch von *Gauhe, Gockel & Co.* in Oberlahnſtein [117]) und von *Kunz* in Kempten werden kleinere Betonmiſchmaſchinen für Handbetrieb gebaut. Eine ſolche iſt auch in Fig. 30 aus der Düſſeldorfer Baumaſchinenfabrik *Bünger & Leyrer* zu Düſſeldorf-Derendorf wiedergegeben.

Sie hat eine feſtſtehende Trommel, in welcher ſich ein Rührwerk befindet, beſtehend in einer wagrechten Achſe mit kreuzweiſe geſtellten Miſcharmen, die an ihren Enden Miſchſchaufeln tragen. Dieſe ſind ſo angeordnet, daß ſie ſowohl am Mantel, als auch an den Stirnwänden der Trommel hinſtreichen und das Anſetzen des Mörtels verhindern. Jede Miſchung iſt bei dieſen Maſchinen für ſich abgeſchloſſen und enthält 180 bis 350 l Beton. Da man bei dieſen Maſchinen die Miſchdauer beliebig verlängern kann, läßt ſich eine äußerſt innige Miſchung erzielen. Der fertige Beton fällt in den darunter geſtellten Betonwagen. Die verbeſſerten derartigen Maſchinen enthalten 2 Rührarmwellen, welche gegeneinander arbeiten und bei Handbetrieb 4 bis 8 cbm, bei Maſchinenbetrieb 12 bis 30 cbm Beton anfertigen. Der Kraftbedarf iſt bei erſteren 1 bis 3, bei letzteren 4 bis 15 Pferdeſtärken, die Zahl der Umdrehungen 90 in der Minute. Die Maſchinen werden für fortwährenden Betrieb auch für gemauerte Fundamente geliefert.

[117]) Siehe: Deutſcher Steinbildhauer 1893, Nr. 23 oder Katalog der Firma.

Fig. 30.

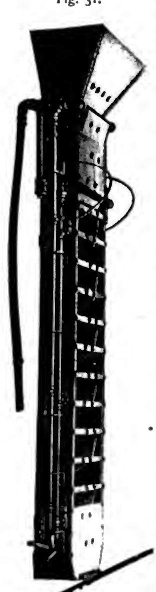


Betonmischmaschine der Düsseldorfer Baumaschinenfabrik *Bünger & Leyrer* in Düsseldorf-Derendorf.

Der in Fig. 31 dargestellte amerikanische „teilbare, tragbare Schwerkraft-Betonmischer“ [118]) ist aus verzinktem Stahlblech hergestellt und hat den Vorzug, keine maschinelle Kraft zur Bedienung zu bedürfen.

Je nach der zu leistenden Arbeit kann der Mischer aus ein bis vier 60 cm langen Teilen zusammengesetzt werden, deren Gesamtgewicht 225 kg beträgt; doch besteht er auch, wie in Fig. 31, aus nur einem Kasten von 2,50 bis 3 m Länge und mit 170 bis 200 kg Gewicht. Er ist im Inneren mit ablenkenden Platten und zahlreichen quer angebrachten Reihen von Stahlbolzen versehen, um eine gründliche Mischung des durchfallenden Materials zu erzielen. Das nötige Wasser wird mittels Gummischlauches von einem erhöht stehenden Fasse aus den Messingsprengröhren zugeführt, welche fein durchlocht sind. Der Mischer soll 18 Mischungen in der Stunde ausführen. Zur Bedienung gehören 4 Mann, welche das Gleiche leisten, wie 20 mit der Schaufel mischende Arbeiter, dabei aber einen wesentlich besseren Beton als diese erzielen sollen [119]).

Fig. 31.



Amerikanischer teilbarer, tragbarer Schwerkraft-betonmischer.

Eine vierte Mischmaschine ist in der unten genannten Zeitschrift [120]) abgebildet und wird von der Maschinenfabrik Geislingen in Württemberg hergestellt.

Sie besteht in einer durch Maschinenkraft bewegten, 0,96 m langen Trommel von 1,58 m lichtem Durchmesser, welche aus starkem Eisenblech mit zwei Stirnseiten aus Gußeisen hergestellt ist und in welcher sich 40 Stahlkugeln von 120 mm Durchmesser befinden, die beim Drehen der Trommel als Mischorgane dienen. Ein im Inneren angebrachter, mantelförmiger Rost verhindert das Herausfallen der Stahlkugeln beim Einbringen des Materials und beim Entleeren der Maschine. Eine Mischung von 0,75 cbm fertigen Betons erfolgt in 5 bis 6 Minuten, einschl. Füllen und Entleeren. Erforderlich ist eine Maschinenkraft von 5 bis 6 Pferdestärken bei 20 Umdrehungen in der Minute.

Soweit es sich um die richtige Verwendung des Materials handelt, sei über die Ausführung der Betonierungen das Nachstehende hier mitgeteilt.

1) Bei Arbeiten außer Wasser ist Hauptbedingung des Gelingens, daß der frisch bereitete Beton in größter Dichte und in größter Gleichmäßigkeit zur Erhärtung gelange. Dies wird dadurch bewirkt, daß einmal nur so dicke Lagen in die Formen geworfen werden, daß sie mittels der Stampfwerkzeuge durch ihre ganze Masse und noch bis in die darunter liegende Schicht elastisch und gleichmäßig vom Mörtelbrei durchdrungen werden. Deshalb sollte man keine dickeren Schichten, als solche von 8 bis 10 cm auftragen.

Ferner soll man die Bildung von Schichten, die untereinander nicht so stark als die Schichtenmasse selbst verbunden sind, vermeiden. Dies geschieht am besten dadurch, daß man bei der Arbeit keine Unterbrechung eintreten läßt, wie denn überhaupt bei Beton die Regel gilt, das Anfertigen des Betons mit der in einem Tage auszuführenden Arbeit in vollen Einklang zu bringen. Ist aber doch eine Unterbrechung nötig, so muß vor Weiterführung der Arbeit die Oberfläche der bereits fertig zusammengepreßten Masse, wenn sie durch erneutes Stampfen nicht mehr knetbar wird, mit einem eisernen Rechen aufgekratzt und dann eingestampft werden, worauf erst die neue Betonmasse aufzubringen ist. Hat die

[118]) D. R.-P. 107361.
[119]) Nach: Mittheilungen des „Internationalen Patent- und Maschinengeschäfts“ von *R. Lüders* in Görlitz.
[120]) Baumaterialienkde. 1897–98, S. 136.

Unterbrechung so lange gedauert, daß bereits merkliche Erhärtung eingetreten ist, so wird die Oberfläche mit einer Spitzhaue aufgehackt und das Losgetrennte entfernt; die Vertiefungen werden gut mit Wasser, welches aber dann nicht blank stehen bleiben darf, abgewaschen und sodann die Flächen mit etwas fetterem Mörtel abgerieben, worauf erst die neue Betonlage aufgetragen wird.

Dieses Verfahren muß strenge eingehalten werden; dann geschieht nie eine Unterbrechung des Zusammenhanges, und das Gelingen der Arbeit ist stets gesichert.

2) Bei Betonierungen im Wasser handelt es sich vor allem darum, die nie ganz zu umgehende Abschwemmung, bezw. Ausspülung eines Teiles des Mörtelstoffes möglichst zu vermindern. Deshalb sind möglichste Trockenheit des wohlvorbereiteten Mörtels, etwas fettere Mischung und besonders Verhütung von Strom- und Wirbelwirkung innerhalb des auszubetonierenden Raumes zu erstreben. In welcher Weise das letztere geschieht und wie zu erzielen ist, daß das Wasser mit der Betonmasse möglichst wenig in Berührung komme, hiervon wird noch in Teil III, Bd. 1 (Abt. II, Abschn. 2, Kap. 3, a: Betonfundamente) dieses „Handbuches“ die Rede sein.

Im Grundbau, wie an der eben angezogenen Stelle noch des Näheren gezeigt werden wird, spielt der Beton eine wichtige Rolle. Allein auch bei Konstruktionen über Tag ist die Betonbauweise in vielen Fällen geradezu unentbehrlich; es unterliegt aber keinem Zweifel, daß in vielen Fällen damit des Guten zu viel geleistet wurde und Anwendungen stattfanden, welche nach keiner Seite hin gerechtfertigt waren. Nimmt man insbesondere die oft sinnlosen Mischungsverhältnisse, die leichtfertige und unsachgemäße Ausführung, sowie die wahllose Verwendung ungeprüfter Bindestoffe und Sande, so erklärt sich das Mißtrauen, welches von manchen Seiten gegen die allgemeinere Anwendung von Beton erhoben wird.

Daß aber Beton für Wölbungen, für Deckenkonstruktionen zwischen eisernen Trägern in Verbindung mit Eiseneinlagen, für Estriche, Treppenstrufen usw. ein ausgezeichnetes und häufig auch billiges Material abgibt, ist durch viele Erfahrungen bewiesen. Es wird Aufgabe mehrerer Kapitel von Teil III des vorliegenden „Handbuches“ (insbesondere Abt. III, Abschn. 1, Kap. über „Mauern in Guß- und Erdmassen“, sowie Abschn. 2, A, Kap. 4, c: Ausfüllung der Trägerfache mit Beton — und B, Kap. 18: Gußgewölbe) sein, auf die Verwendung des Betons für die fraglichen Zwecke zurückzukommen und die Erfolge, die damit erzielt werden, näher zu beleuchten.

Wenn auch die Ausführung von Betonmonolithen durchschnittlich viel billiger kommt, als die Herstellung von einzelnen Betonsteinen, aus denen Mauern aufgeführt werden sollen, so ist doch besonders bei Kalkbeton das letztere Verfahren wegen der langsamen Erhärtung vorzuziehen.

Die Benutzung großer Betonblöcke für Hafenbauzwecke ist bekannt, und es wurden Monolithe bis zu 100 cbm Inhalt hergerichtet. Für den Hochbau jedoch hat nur die Herstellung von Kanälen, von Estrichen, von kleineren Quadern, Treppenstufen, Säulen, Ornamenten usw. aus Beton Bedeutung. Wir haben hierüber bereits im vorhergehenden Kapitel gesprochen, und es erübrigt hier nur noch darauf aufmerksam zu machen, daß Kanäle besser aus einem Stück an Ort und Stelle mittels verschiebbarer Formen hergestellt werden, und daß Estriche vorteilhaft in 2 bis 4 qm große Platten geteilt werden, welche nach *Schillinger* durch Anwendung

elaſtiſcher Teerpappe Fugen erhalten, wodurch ſie vor Sprüngen infolge Ausdehnung durch die Wärme oder infolge von Setzungen beſſer geſchützt ſind.

Schließlich ſei noch erwähnt, daß das Vorurteil, als ſeien Betonhäuſer infolge des Materials notwendig feucht, nicht gerechtfertigt iſt, vorausgeſetzt, daß nicht zu fetter Mörtel verwendet wurde; denn nach *Lang* beträgt die Poroſität des Betons 19 Vomhundert und von Kalkſandſteinen gar 56 Vomhundert. Bei richtiger Bedachtnahme der natürlichen Eigenſchaften der vorhandenen Bauſtoffe und ihrer Preisverhältniſſe wird es in einzelnen Fällen demnach nicht ſchwierig ſein, ſich für oder gegen die Anwendung von Beton zu entſcheiden; wir geben aber dabei wohl zu bedenken, daß auch für Deutſchland und Öſterreich leider nicht zu ſelten die Theſe *Vicat*'s gilt: „Wenn man die Mörtelbereitung unſerer Maurer ſieht, möchte man glauben, ſie ſuchen die Auflöſung des ſonderbaren Problems: Wie muß man mit guten Grundſtoffen umgehen, um den ſchlechteſten Mörtel zu machen?"

Literatur

über „Beton und Betonbereitung".

LECOINTE, A. Bemerkungen über einige mechaniſche Verfahrungsarten zur Bereitung des Mörtels und Betons. Allg. Bauz. 1843, S. 399.

Horizontale Betonmaſchine von *Lepaire*. Allg. Bauz. 1864, S. 332.

FOWLRE, S. T. *Manuel of inſtruction for an improved method of building with concrete; or, how to make the beſt houſe at the leaſt coſt*. London 1866.

NEID, H. *A practical treatiſe on concrete, and how to make it; with obſervations on the uſe of cements, limes and mortars*. London 1869.

HAGEN, G. Handbuch der Waſſerbaukunſt. 3. Aufl. Theil I, Bd. 2. Berlin 1870. S. 322.

KOPKA. Die mechaniſche Mörtel- und Beton-Bereitung. HARMANN's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1871, S. 97, 116, 131, 145.

BÜES, C. Beitrag zur Beton-Frage. Deutſche Bauz. 1874, S. 52.

LIEBOLD. Der Cement in ſeiner Verwendung im Hochbau und der Bau mit Cement-Beton zur Herſtellung feuerſicherer, geſunder und billiger Gebäude aller Art. Halle 1875.

FRANZIUS. Transportabler Beton-Miſcher. (*Meſſent*'s Patent.) Deutſche Bauz. 1875, S. 153.

Concrete as a building material. Builder 1876, S. 353, 481, 502, 530.

POTTER, TH. *Concrete; its uſe in building, and the conſtruction of concrete calls, floors* etc. London 1877.

SPETZLER, O. Verwendung der Hohofenſchlacke zur Betonbereitung. Zeitſchr. f. Bauw. 1880, S. 29.

Modern concrete. Building news, Bd. 39, S. 348.

Künſtlicher Sandſtein, Granitbeton, Marmorbeton. Baugwks.-Ztg. 1881, S. 618, 632, 646, 667, 674, 683, 688.

NEWMAN, J. *Notes on concrete, and works in concrete*. London 1887. — 2. Aufl. 1894.

MAEIELS, A. *Le béton et ſon emploi*. Lüttich 1893.

SUTCLIFFE, G. L. *Concrete: its nature and uſes*. London 1893.

CHRISTOPHE, P. *Le béton armé et ſes applications*. Paris u. Brüſſel 1899.

Betonprüfungs-Maſchinen. Deutſche Bauz. 1902, S. 322.

---

5. Kapitel.

Holz.

Von Dr. W. F. EXNER und G. LAUBOECK.

a) Allgemeines.

174. Holz als Bauſtoff.

Das Holz iſt vermöge ſeiner techniſchen Eigenſchaften zur Verwendung als Bauſtoff in vielen Fällen ausſchließlich, in vielen anderen hervorragend geeignet, da es eine hohe Elaſtizität und große Feſtigkeit beſitzt, beſonders in der Richtung, welche zur Achſe des Baumes, dem das Holz entnommen iſt, parallel liegt. Ferner iſt die Dauer des Holzes unter günſtigen Verhältniſſen eine ſehr große. Jene

Eigenſchaft jedoch, welche das Holz unter vielen Bauſtoffen bevorzugen läßt, iſt die außerordentlich leichte Bearbeitungsfähigkeit, welche geſtattet, dasſelbe mit geringen Koſten und in verhältnismäßig kurzer Zeit in jede gewünſchte Geſtalt überzuführen. Die durch die Verbindung der einzelnen Konſtruktionsteile untereinander bedingte Form kann demnach überaus leicht hergeſtellt werden, und deshalb iſt das Holz faſt für jede konſtruktive Aufgabe zuläſſig.

Ein weiterer Vorzug des Holzes beſteht darin, daß es für eine Reihe von ſog. Vollendungsarbeiten des inneren Ausbaues in hohem Maße geeignet iſt, wodurch die verſchiedenſten dekorativen Zwecke mit Leichtigkeit erreicht werden können.

Dieſen Eigenſchaften, welche dem Holze auch für die Zukunft bei noch geſteigerter Verwendung anderer Materialien eine Hauptrolle im Bauweſen ſichern, ſind einige andere Eigenſchaften gegenüberzuſtellen, welche den Wert des Holzes für die in Rede ſtehenden Zwecke weſentlich herabdrücken.

Das Holz verändert, beſonders in den auf die Achſe des Baumes ſenkrechten Richtungen (Radial- und Sehnenrichtung in bezug auf den Kreisumfang des Baumſtammes), ſeine Abmeſſungen. Dieſes Beſtreben, die Breite und Dicke der ſtab- und tafelförmigen Konſtruktionsteile aus Holz infolge verſchiedener Einflüſſe zu ändern, bildet einen kaum zu bekämpfenden Übelſtand. Das Holz „ſchwindet“ und „quillt“ unter den Einflüſſen wechſelnder Trockenheit und Feuchtigkeit, ſo lange es ſeine Elaſtizität und Feſtigkeit in dem urſprünglichen Maße behauptet, und es iſt daher das Aufhören der Volumänderung (das „Arbeiten“ des Holzes) ein ungünſtiges Symptom für den Wert des Materials.

Die Dauerhaftigkeit des Holzes wird unter gewiſſen Umſtänden ſehr beeinträchtigt. Die Bildung von Pilzen, der Angriff des Holzes durch Tiere niederer Ordnung und verſchiedener Art, endlich der ſog. Hausſchwamm zerſtören das Holz in verhältnismäßig kurzer Zeit und berauben es ſeiner Befähigung, weiter als Konſtruktionsmaterial zu dienen. Endlich iſt der hohe Grad von Brennbarkeit zu erwähnen, welcher das Holz von mancherlei Verwendungen im Bauweſen ausſchließt.

Die angeführten ungünſtigen Eigenſchaften können bis zu einem gewiſſen Grade bekämpft und ungefährlich gemacht werden, und darin eben beſteht eine der Hauptaufgaben des Baumeiſters.

175. Eigenſchaften.

Schon im vorhergehenden wurde auf die Haupteigenſchaften des Holzes hingewieſen; nunmehr ſollen dieſelben etwas eingehender erörtert werden [121]).

176. Anatomiſcher Bau.

1) Anatomiſcher Bau. Die innere Organiſation des Holzes wird durch die drei rechtwinkelig aufeinander geführten Schnitte, und zwar: α) ſenkrecht auf die Längsachſe, β) durch die Längsachſe oder γ) parallel zur Längsachſe klar erſichtlich. Der erſte der drei angeführten Schnitte heißt Querſchnitt oder Hirnſchnitt, der zweite Radial-, Spiegel- oder Spaltſchnitt und der dritte Sehnen- oder Tangentialſchnitt. Für praktiſche Zwecke wird das Holz ſehr häufig ſchief, d. i. unter einem verſchieden großen Winkel gegen die Längsrichtung des Stammes geſchnitten.

In der Mitte des Baumes befindet ſich das Mark. Von letzterem aus gegen die Rinde hin laufen die Markſtrahlen oder Spiegel. Auf dem Querſchnitt oder Hirnſchnitt erſcheinen die Markſtrahlen als lange, feine Linien; auf dem Radialſchnitt ſehen wir dieſelben als Bänder, welche meiſt glänzen oder ſpiegeln.

[121]) Siehe: Exner & Lauboeck. Die techniſchen Eigenſchaften der Hölzer. Handbuch der Forſtwiſſenſchaft. 2. Aufl. Band II. Tübingen 1903.

Zwifchen Mark und Rinde finden wir die dem Alter des Baumes entfprechende Zahl von Holz- oder Jahresringen, deren Hauptmaffe aus Fafern befteht, die nach der Länge des Baumes verlaufen und in ihrem Inneren hohl find. In jeder der drei angeführten Hauptfchnittrichtungen zeigt das Holz ein anderes, für die Holzart charakteriftifches Ausfehen, indem die zur Herbftzeit gebildeten dunkleren Teile der Jahresringe fich von den während des Frühjahres und der erften Sommerzeit gebildeten Teilen derfelben fichtbar abheben. Je größer der Abftand in der Farbe zwifchen Herbftholz und Frühlingsholz ift, defto deutlicher erfcheint die fog. Zeichnung des Holzes.

Neben den Holzfafern findet man bei einem Teile der Nadelhölzer, namentlich gegen den Umfang einzeln oder zu wenigen zerftreut ftehend, harzführende Poren, die fog. Harzporen. Bei den Laubhölzern find die Poren fehr verfchiedenartig verteilt; fie find mit Luft gefüllt. Sind die Poren über den ganzen Jahresring gleichmäßig verteilt, fo heißen diefe Bäume „zerftreutporig", wie z. B. Ahorn, Buche, Birke ufw. Bilden die Poren aber am Beginne des Jahresringes Ringe oder Bänder, fo heißen folche Bäume „ringporig"; dahin gehören Eiche, Efche, Ulme ufw.

Die lebenstätigften und faftreichften Jahresringe find die jüngften und heißen Splint. Leiten die Bäume durch ihren ganzen Holzkörper Saft, fo nennt man diefelben „Splintbäume", wie z. B. Birke, Buche, Birnbaum ufw. Bei vielen Holzarten aber rückt der Saft allmählich aus der Mitte des Baumes nach den jüngeren Schichten gegen außen. Behält das Innere feine bisherige Farbe und wird nur trockener, fo fpricht man von „Reifholzbäumen"; dahin gehören die Fichte und die Linde. Nimmt dagegen das Innere des Baumes eine andere, dunklere Farbe an, wie bei den Eichen, Ulmen und Föhren, fo nennt man diefelben „Kernholzbäume". Das Wachstum des Holzes erfolgt von innen nach außen und nicht, wie man häufig hört, umgekehrt. Bezüglich der Breite der Jahresringe führt *Nördlinger*[122]) folgendes an: „Bei den ringporigen Laubholzarten fteht innerhalb einer gewiffen Grenze die Güte des Holzes häufig im Verhältnis zur Breite der Holzringe, weil an breiteren Ringen das feftere Sommerholz größere Entwickelung nimmt. Der fchmalringige Splint von Eichen, Efchen und Ulmen dagegen ift vor lauter Porenkreifen oft gänzlich unbrauchbar. Bei den Nadelhölzern aber haben die breiteren Ringe, fofern fie nicht vom freien Stande herrühren, vorzugsweife fchwammiges Frühlingsholz; deshalb nimmt bei ihnen mit dem Schmalerwerden der Ringe gegen außen der Wert des Holzes zu."

177.
Farbe.

2) Farbe. Die Farbe des Holzes ift eine für jede Holzart mehr oder minder charakteriftifche; ein Abweichen von der normalen Farbe kann in der Regel als eine für die übrigen Eigenfchaften des Holzes ungünftige Erfcheinung aufgefaßt werden. Die Farbe des Holzes hat für die Architektur felbftverftändlich immer dann eine Wichtigkeit, wenn das Holz ohne einen die Naturfarbe deckenden Überzug zur Verwendung gelangt. Häufig wird der Farbe des Holzes bloß ein wärmerer Ton oder eine tiefere oder lichtere Nuance verliehen in der Weife, daß das Holz durch Auftragen eines durchfichtigen Stoffes auf der Oberfläche überkleidet wird. Eine folche das Holz gegen den unmittelbaren Einfluß der Atmofphärilien fchützende Schicht wird, wenn das Holz an der Außenfeite der Gebäude zur Verwendung gelangt, nur in feltenen Fällen entbehrt werden können.

Da die Hölzer nicht immer von Natur aus in den gewünfchten Farbtönen erfcheinen, fo werden häufig technifche Verfahrungsweifen zu Hilfe genommen,

[122]) In: Die gewerblichen Eigenfchaften der Hölzer. Stuttgart 1890.

um die natürliche Farbenwirkung des Holzes zu erhöhen oder vollſtändig zu verändern, wie dies durch das Beizen, Färben an der Oberfläche oder durch das Dämpfen und Durchtränken durch den ganzen Holzkörper hindurch erreicht wird [123]).

Bezüglich der Bedeutung der Farbe als Kennzeichen für die Beſchaffenheit des Holzes hat man zu unterſcheiden:

α) die Farbe des friſchgefällten Holzes von jener, welche etwas ſpäter erſcheint, und von jener, welche ſich ausſchließlich am vollſtändig trockenen Holze zeigt;

β) man hat zu beobachten den Unterſchied zwiſchen der Farbe des Splint- und Kernholzes an ſich und in den unter α bezeichneten Fällen.

Faſt alle Hölzer dunkeln unter dem Einfluſſe der Atmoſphärilien und des Sonnenlichtes nach. Auffällige Erſcheinungen in der Veränderung der Farbe ſind das Grauwerden der Dachſchindeln und das Auftreten einer tiefrotbraunen Färbung beim Nadelholz an der Außenſeite von Gebäuden in ſolchen Gegenden, welche reich an Niederſchlägen ſind, ſo insbeſondere in den Alpenländern, in der Nähe von Gebirgsſeen uſw. Dieſes Braunwerden der Hölzer gibt den Gebäuden ein überaus maleriſches Ausſehen, hat aber ſelbſtverſtändlich keine techniſche Wichtigkeit. Lebhaftigkeit und Gleichmäßigkeit der Holzfarbe, in Verbindung mit raſchem Abtrocknen des Kernes, ſind, beſonders bei Eichenhölzern, Zeichen der Geſundheit, unfreundlich braune Grünholzfarbe ein Zeichen für geringes, brüchiges Eichenholz. Blaurote Farbe iſt bei der Eiche nicht immer, aber doch meiſtens ein Merkmal eingetretener Zerſetzung.

178. Glanz.

3) Glanz. Man verſteht unter dem Glanze oder dem Spiegeln des Holzes die auf den Spaltflächen hervortretenden Reflexerſcheinungen. Namentlich iſt es die radiale Spaltfläche, auf welcher die Markſtrahlen oder Spiegel ihrer Längenausdehnung nach zum Vorſchein kommen, die bei manchen Holzarten einen hohen Glanz zeigen; man nennt deshalb dieſe Flächen auch Spiegelflächen und das nach den Spiegelflächen ausgeformte Holz Spaltholz oder Spiegelholz. Bekanntlich zeichnen ſich die Spaltflächen des Ahornholzes und der Eſche durch hohen Glanz aus.

Erſcheinen die Markſtrahlen auf der Spaltfläche des Holzes als verhältnismäßig große Körper, ſo glänzen ſie für ſich, und es iſt dann nicht die ganze Spaltfläche, welche ſpiegelartig das Licht reflektiert; vielmehr ſind dem freien Auge nur die platten Seiten der Markſtrahlen ſehr auffällig, welche ſpiegeln oder glänzen. Ein Beiſpiel hierfür bildet die Rotbuche, auf deren radialen Spaltflächen die Spiegel als braune Streifen erſcheinen, die bei unter einem gewiſſen Winkel einfallendem Lichte hohen Glanz zeigen, eine Erſcheinung, welche ſogar als ein Kennzeichen des Rotbuchenholzes aufgefaßt werden kann.

Bei gewiſſen Hölzern bildet der Glanz der Spiegelfaſern ein Moment, welches für die Wertſchätzung des Holzes ausſchlaggebend iſt. So brillieren der Ahornmaſer und das ungariſche Eſchenholz an den geebneten Flächen durch den Glanz der zutagetretenden Spiegelfaſern in gleich hohem Maße wie bei gewiſſen Seidenſtoffen, dem Moirée.

179. Feinheit.

4) Feinheit. Unter feinen Hölzern verſteht man ſolche, welche mit freiem Auge keinerlei Einzelheiten des Baues oder dieſe nur höchſt unvollkommen erkennen laſſen. Je feiner die Elementarorgane einer Holzart ſind, deſto dünner und gleichförmiger laſſen ſich ihre Späne aushobeln. Die abſolute Größe der Zellen

[123]) Siehe: Andés, L. E. Die techniſchen Vollendungs-Arbeiten der Holzinduſtrie, das Schleifen, Beizen, Poliren, Lackiren, Anſtreichen und Vergolden des Holzes uſw. Wien, Peſt u. Leipzig 1884.

ist dabei weniger entscheidend. Ein Holz kann großzellig, demnach weich, aber dennoch sehr fein sein (Linde); allerdings wird ein ähnlich zusammengesetztes, aber aus kleinen und zarten Elementen aufgebautes Holz in noch höherem Grade als fein angesprochen (Buchsholz). Die Feinheit des Holzes ist im allgemeinen für eine bestimmte Holzart eine gegebene, kann aber bei jeder Holzart durch die Wachstumsverhältnisse in ihrem Grade modifiziert erscheinen. Im Gegensatz zu dem „feinen" Holze steht das „grobe", welches somit makroskopisch die Gefäßporen zeigt und durch die gruppenweise Anordnung der Elemente, durch die Ausprägung und ungleiche Beschaffenheit der Vegetationsperioden auffällig gezeichnet ist, welches endlich auffallend breite oder hohe Markstrahlen besitzt. Typische Beispiele groben Holzes sind Eiche, Nuß, Ulme usw.

180. Textur.

5) Textur, Zeichnung, Flader und Maser. Der Ausdruck Textur (Gefüge) des Holzes ist gleichbedeutend mit Struktur und bedeutet das anatomische Gefüge des Holzes. Bei den zur Achse schief gelegenen Schnitten bildet die Textur ein Mittelglied zwischen der normalen Textur des Radial- und Hirnschnittes einerseits und des Tangential- und Hirnschnittes andererseits. Die Textur des Holzes bildet aber im Zusammenhange mit der Farbe das Aussehen, welches für die Wahl des Holzes zu architektonischen Zwecken häufig bestimmend ist.

Je gröber das Holz ist, desto deutlicher ist die Zeichnung desselben. Auf den Holzflächen erscheint dem unbewaffneten Auge eine Zeichnung, und in derselben drücken sich mehr oder minder deutlich die Unterschiede zwischen Herbst- und Frühjahrsschicht im Jahresringe, die Poren und die Markstrahlen je nach den Abmessungen und dem Grade der Färbung aus. Die Zeichnung des Holzes ist demnach bei regelmäßig erwachsenen Bäumen eine andere im Querschnitte, eine andere im radialen Längsschnitte und wieder eine andere im tangentialen oder Sehnen-Längsschnitte. Demnach ist das charakteristische Merkmal der Zeichnung des Hirnschnittes der Ringbau, das der beiden Längsschnitte die parallele Streifung, welche beim radialen Längsschnitte vollkommener als beim Sehnen-Längsschnitt auftritt. Die Zeichnung des Hirnschnittes kommt in der Holzindustrie selten vor; in weit überwiegendem Maße jedoch ist es die Zeichnung, welche auf tangentialen oder richtiger Sehnen-Längsschnittflächen des Holzes zum Vorschein kommt. Bohlen, Bretter und Fourniere zeigen auf ihren Oberflächen die Zeichnung des Sehnen-Längsschnittes der Holzstämme.

Ist das Holz normal erwachsen oder „schlicht", so heißt die Zeichnung des Holzes der Flader. Die durch unregelmäßiges Wachstum entstehenden Holzbildungen nennt man wimmerig oder maserig und die durch dasselbe bedingte Zeichnung der Schnittflächen Maser. Der wimmerige Wuchs ist strenge genommen ein Fehler des Holzes und gilt auch als solcher bei Bauholz und bei Schnittware. Der Maserwuchs entsteht am häufigsten durch exzessive Bildung von Knospen, wohl auch durch Schmarotzer und infolge von Verletzungen durch Insekten usw. Der maserige oder wimmerige Wuchs des Holzes ist für manche Bauzwecke ebenso wie der schöne Flader besonders geschätzt. Für Möbel, Täfelungen, Decken usw. verwendet man mit Vorliebe maseriges Holz, um erhöhte, wirkungsvolle Motive zu erreichen. Jedermann ist das herrliche „ungarische Eschenholz" als Maserholz bekannt; ferner finden wir im Nußholz die schönsten Maserblöcke, und auch die Wurzeln von Buchs, Erlen, Birken usw. zeigen auserlesenen Maserwuchs.

181. Geruch.

6) Geruch. Jedes Holz hat im grünen, frischen Zustande einen eigentümlichen Geruch, der mitunter sehr kräftig und für das Holz charakteristisch ist. Bei

vielen Hölzern verliert ſich dieſer Geruch mit dem Austrocknen derſelben, und nur wenige unter jenen Hölzern, die auch im trockenen Zuſtande wohlriechend ſind, verdanken dieſer Eigenſchaft einen erhöhten techniſchen Wert. Die Nadelhölzer, welche Terpentin enthalten, zeigen einen auffälligen, mitunter köſtlichen Geruch, ſo z. B. Zedern- und Wachholderholz; auch das Zirbenholz hat einen edlen, beſtechenden Geruch. Der bei den Laubhölzern häufig auftretende Gehalt an Gerbſtoff verleiht manchen Holzarten einen auffallenden Geruch nach Gerberlohe, und dieſer Geruch wird ſogar als ein Kennzeichen der guten Qualität des Eichenholzes angeführt.

182. Eigengewicht.

7) Eigengewicht. Genauere Einſicht in das Gewichtsverhältnis der Hölzer iſt inſofern von Bedeutung, als viele wichtige Eigenſchaften des Holzes, z. B. die Härte, die Dauer, die Brennkraft, das Maß des Schwindens und Quellens mehr oder weniger mit dem Eigengewichte desſelben in Verbindung ſtehen. Sind die Hohlräume des Holzes mit Waſſer gefüllt, ſo muß ſich dadurch das Eigengewicht ſteigern. In der Praxis unterſcheidet man daher das Grüngewicht bei etwa 45 Vomhundert Waſſergehalt, wie es der Baum beim Fällen gibt, und das Lufttrockengewicht, wie es durch längeres Aufbewahren des Holzes unter Dach in trockenen Räumen bei noch etwa 10 bis 15 Vomhundert Waſſergehalt erſcheint. Holz, welches bei 110 Grad C. getrocknet wurde, heißt „künſtlich getrocknetes, gedarrtes Holz“ und die Dichte desſelben wird mit Darrgewicht bezeichnet.

Für den Bedarf der Technik genügt die Angabe des Lufttrockengewichtes. Fremdländiſche Hölzer zeigen meiſt ein Einheits- (ſpezifiſches) Gewicht, welches größer als 1 iſt. Unſere heimiſchen Holzarten haben im lufttrockenen Zuſtande eine Dichte, welche zwiſchen 0,44 und 0,88 ſchwankt[124]).

183. Waſſergehalt.

8) Waſſergehalt. Das grüne oder friſche Holz enthält beiläufig zur Hälfte ſeines Gewichtes Waſſer. Das Waſſer, welches im grünen Holze enthalten iſt, füllt die Zellenräume zum großen Teile aus und durchdringt die Zellenwände. Nach dem Fällen des Holzes beginnt ſofort eine Waſſerabgabe an die atmoſphäriſche Luft, welche quantitativ ſtets abnimmt. Das Imbibitionswaſſer verdunſtet, und das Holz iſt lufttrocken geworden. Dieſes im lufttrockenen Holze enthaltene Waſſer wird hygroſkopiſches Waſſer genannt. Letzteres kann aus dem Holze nur im Wege des künſtlichen Trocknens entfernt werden. Beide Arten von Waſſer, dasjenige, welches durch Verdunſtung von ſelbſt aus dem Holze austritt, und jenes, welches nur durch Wärmezufuhr beſeitigt werden kann, d. h. verdampft werden muß, bilden zuſammen den Waſſergehalt, welcher mit der Holzart, der Jahreszeit, dem Standorte, dem Baumteil uſw. wechſelt. Sowie der Gehalt an hygroſkopiſchem Waſſer in lufttrockenem Zuſtande ab- und zunimmt, ſo kann man dem Holze auch den geſamten Waſſergehalt, den es beim Übergang vom grünen in den lufttrockenen Zuſtand verloren hat, durch das „Tränken des Holzes“ wieder zuführen, d. h. dadurch, daß man das Holz eine entſprechende Zeit hindurch in Waſſer untertaucht.

Der Waſſergehalt, auch die abſolute Feuchtigkeit des Holzes genannt, ſchwankt bei den verſchiedenen lufttrockenen Hölzern zwiſchen 7 und 15 Vomhundert. Nadelhölzer halten das hygroſkopiſche Waſſer länger als Laubhölzer. Im Durchſchnitt enthalten lufttrockene Laubhölzer 8 Vomhundert, unter den gleichen Umſtänden getrocknete Nadelhölzer 10 Vomhundert Waſſer.

184. Schwinden und Quellen.

9) Schwinden und Quellen. Der nach und nach austrocknende Saft des Holzes begründet im Verein mit der Faſerſtruktur desſelben die Erſcheinungen

[124]) Die Einheitsgewichte der Hölzer ſind unter b zu finden.

des Schwindens, Ziehens und Werfens; durch Wiederaufnahme von Feuchtigkeit dehnt ſich das Holz wieder aus: es quillt. Kann es dem Beſtreben, zu ſchwinden oder zu quellen, nicht ungehindert in allen Teilen folgen, ſo verändert es auf unregelmäßige Weiſe ſeine Form; ja es treten ſogar Trennungen oder Riſſe ein. Die Erſcheinung des Schwindens und Quellens tritt in verſchiedenem Maßſtabe bei demſelben Holze und unter ſich gleich bleibenden Verhältniſſen auf, je nach der Richtung, die der Beobachtung zugrunde liegt. Im allgemeinen ſchwinden und quellen die Hölzer nach der Richtung der Längsachſe des Baumes in ſo geringem Maße, daß dasſelbe beim Entwerfen von Baukonſtruktionen außer Betracht bleiben kann; dagegen ſind Schwinden und Quellen in allen auf die Faſerrichtung ſenkrechten Richtungen ſtets Erſcheinungen von ſo erheblicher Tragweite, daß ſie niemals außer acht gelaſſen werden dürfen. Im allgemeinen ſchwinden die Nadelhölzer am wenigſten. Das Schwindmaß in der Richtung der Faſern beträgt durchſchnittlich nur 0,1 Vomhundert, in der Sehnenrichtung dagegen durchſchnittlich 8 Vomhundert und in radialer Richtung im Mittel 4 Vomhundert.

Als Urſachen und Folgen des Schwindens ſind die folgenden Erſcheinungen anzuführen. Beim Rundholz zeigen ſich ſog. Strahlenriſſe, welche vom Splint aus nach dem Kern des Holzes gehen, oder Kernriſſe, welche bei aufgeſpaltenem Rundholz vom Kern nach dem Splinte verlaufen. Strahlenriſſe kommen bei vierkantig behauenen Stämmen vor; jedoch reißen ſolche behauene Stämme weniger als Rundholz, weil ein großer Teil des Splintes, der am meiſten ſchwindet und daher zum Reißen neigt, entfernt iſt. Die Strahlenriſſe teilen in der Regel den quadratiſchen Querſchnitt des Stammes in faſt gleiche Teile. Balken werfen ſich ſeltener, um ſo häufiger und ſtärker aber Bretter und Bohlen. Ein Brett, welches „aus dem Kern" geſchnitten iſt, reißt oft oben und unten auf und zeigt die ſog. Kernſpaltung. Bei Seitenbrettern erfolgt das Schwinden in der Längsrichtung der Faſern; auf der oberen Seite eines ſolchen Brettes befindet ſich mehr Splintholz als auf der dem Kern zugekehrten Seite, und das Brett krümmt ſich daher von der Kernſeite weg.

Durch das Quellen nähert ſich das Holz in ſeinen Eigenſchaften jenem Zuſtande, in dem es ſich vor dem Trocknen befunden hat, ohne jedoch dieſen vollſtändig zu erreichen. Obgleich die Quellung dem Augenmaße nach gering iſt, muß ſie doch bei den verſchiedenen Verwendungsarten des Holzes eben ſo wie das Schwinden berückſichtigt werden.

Im Möbelbau, wie überhaupt bei allen Holzkonſtruktionen, muß auf das Schwinden und Quellen des Holzes Rückſicht genommen werden; es muß darauf geſehen werden, daß das Holz ungehindert in allen ſeinen Teilen „arbeiten" kann; ſo z. B. bei Türfüllungen, Rahmenwerken, Fenſter- und Türgewänden uſw. Die Behandlung des Holzes vor, während und nach dem Fällen, das gänzliche oder teilweiſe Entrinden, das allmähliche Vorgehen beim Entrinden, verſchiedene Maßregeln zur Verlangſamung des Trockenvorganges, namentlich an den Hirnflächen uſw., bilden das Verfahren, um das „ſich Werfen" und „Reißen" des Holzes zu vermindern oder bis zu einem gewiſſen Grade unſchädlich zu machen.

185. Elaſtizität.

10) Elaſtizität. Die Elaſtizität wird wie bei den anderen Bauſtoffen einerſeits durch die Elaſtizitätsziffer (Elaſtizitätsmodul oder -Koeffizient), andererſeits durch die Elaſtizitätsgrenze beurteilt werden können. Auch beim Holze iſt eine hohe Elaſtizität für ſeine Verwendbarkeit als Konſtruktionsmaterial von ausſchlaggebender Bedeutung.

Das Holz zeigt verschieden große Elastizitäten je nach der Richtung, in welcher dasselbe in Anspruch genommen wird; es besitzt also eine verschiedene Elastizitätsziffer und eine verschiedene Elastizitätsgrenze, je nachdem das Holz nach seiner Längen- (oder Faser-) Richtung oder senkrecht auf diese im Sinne des Halbmessers oder im Sinne der Sehne in den Jahresringen beansprucht wird. Diese Verschiedenheit der Elastizität in den drei genannten Richtungen ist durch den anatomischen Bau des Holzes begründet und muß bei der Verwendung wohl beachtet werden.

Bei Besprechung der wichtigeren Bauhölzer werden noch eingehende Angaben über die Elastizitätsverhältnisse der verschiedenen Holzarten gemacht werden. Hier sei nur erwähnt, daß die Elastizitätsziffer für Zug und Druck fast gleich groß ist und daß der Wassergehalt auf dieselbe nur einen geringen Einfluß hat; im Mittel kann die Ziffer nach *Winkler* zu 114^{t} für 1^{qcm} (in der Faserrichtung) angenommen werden.

Auf die Elastizitätsgrenze hat der Wassergehalt einen großen Einfluß; sie ist um so größer, je geringer der letztere ist. Bei stark gedörrtem Holze liegt die Elastizitätsgrenze sogar in der Nähe der Bruchgrenze. Nach Versuchen beträgt die Elastizitätsgrenze für Zug 0,20 bis 0,59, im Mittel 0,27^{t} für 1^{qcm}, für Druck durchschnittlich das 0,44fache hiervon.

186. Tragfähigkeit und Festigkeit.

11) Tragfähigkeit und Festigkeit. Der Tragmodul, die Spannung des Holzes bis zur Elastizitätsgrenze, auf das Quadr.-Centimeter jener Querschnittsfläche bezogen, welche senkrecht zur Kraftrichtung durch den Holzkörper gelegt wird, bildet das Maß der Tragfähigkeit. Da im vorangehenden dargetan wurde, daß die Elastizitätsgrenze in demselben Holzkörper sich mit der Richtung der Kraft in Bezug auf die Achse des Stammes ändert, so wird auch der Tragmodul oder die Tragfähigkeit je nach der Richtung der Beanspruchung des Holzes gegenüber seiner Faserrichtung eine verschiedene sein.

In der Praxis ist es bekanntlich nicht zulässig, den auf Grund von experimentellen Untersuchungen ermittelten Tragmodul in seinem vollen Werte in die statischen Berechnungen einzuführen, weil erstens die Angaben, welche von verschiedenen Verfassern für den Tragmodul aufgestellt werden, sehr stark voneinander abweichen, was sich durch den verschiedenen Grad der Genauigkeit der Untersuchungen und durch die natürliche Verschiedenheit des Holzes erklären läßt; zweitens, weil auch bei derselben Holzart Struktur, Dichte, kurz alle mechanisch-technischen Eigenschaften, also auch die Tragfähigkeit, durch die Verschiedenheit von Boden, Standort (Exposition), Klima, forstliche Bewirtschaftungsart, Fällungszeit, Transportart usw. usw. veränderlich werden. Man unterscheidet demnach die praktische Tragfähigkeit von der theoretischen, und es hat bekanntlich die erstere nur einen aliquoten Teil der letzteren zu bilden. Hiervon, im wesentlichen also von der Wahl des sog. Sicherheitsgrades, wird in der nächsten Abteilung (Statik der Hochbaukonstruktionen) noch eingehend die Rede sein; hier sei nur bemerkt, daß wir es vorziehen, in der eben angedeuteten Weise vorzugehen, statt, wie dies häufig geschieht, die Tragfähigkeit aus der Bruchziffer (-Koeffizient) zu bestimmen; denn in der Ermittelung der letzteren besteht eine noch größere Unsicherheit; die Angaben über die Bruchziffer weichen noch mehr voneinander ab als jene über den Tragmodul; die experimentelle Ermittelung der Bruchziffer führt noch schwieriger zu sicheren Ergebnissen.

Unter Zugfestigkeit des Holzes soll hier der Widerstand desselben gegen Zerreißen in der Faserrichtung verstanden werden; wirkt dagegen die Zugkraft senkrecht zur Holzfaser, so wollen wir dies Querzugfestigkeit nennen.

Druck- und Knickfestigkeit beziehen sich stets auf die Beanspruchung in der Richtung der Holzfasern, während bei der Biegungsfestigkeit, wohl auch Bruchfestigkeit genannt, eine Belastung senkrecht zur Faserrichtung vorausgesetzt wird. Die Biegsamkeit des Holzes läßt sich durch die äußere Größe der Biegung ausdrücken, welche unter festgesetzten Umständen ein an seinen beiden Enden

unterſtützter, in der Mitte ſeiner Länge belaſteter Stab annimmt, bevor er bricht. In dieſem Sinne gebraucht man dafür gewöhnlich den Ausdruck Zähigkeit. Friſches (grünes), durchnäßtes oder gedämpftes Holz iſt in viel höherem Grade biegſam oder zäh als trockenes. Sofern das Holz nach ſolcher Behandlung die ihm gegebene Form behält, ſpricht man von ſeiner Formbarkeit.

In der ſchon mehrfach erwähnten „Denkſchrift über die Einrichtung von Prüfungsanſtalten und Verſuchsſtationen von Baumaterialien, ſowie über die Einführung einer ſtaatlich anerkannten Klaſſifikation der letzteren" wird eine Klaſſifikation des Bauholzes auf Grundlage ſeiner Biegungsfeſtigkeit verſucht.

Es heißt daſelbſt: „Als Bauholz wird in weitaus überwiegendem Maße Fichten- und Föhrenholz verwendet. Deshalb ſoll vorläufig nur dieſes, mit dem gemeinſamen Namen „weiches Holz" bezeichnete in die Klaſſifikation aufgenommen werden. Die Art der Inanſpruchnahme des Holzes iſt in den meiſten Fällen die Biegung, die auch beim Angriff auf Zerknickung bei Pfoſten, Säulen uſw. mit ins Spiel kommt. Deshalb liegt es nahe, die Klaſſifikation des Bauholzes auf ſeine Biegungsfeſtigkeit zu gründen. Zu dem Zweck werden Probeſtücke mit quadratiſchem oder nahezu quadratiſchem Querſchnitt von etwa 12 cm Seite und von 1,50 m Länge hergeſtellt und abgebrochen, indem ſie, mit beiden Enden frei aufliegend, durch eine in der Mitte konzentrierte Kraft mehr und mehr durchgebogen werden. Nach den gewöhnlichen Biegungsformeln iſt hieraus die beim Bruch in den äußerſten Faſern ſtattfindende Biegungsſpannung oder die Biegungsfeſtigkeit zu berechnen.

Qualität I: Minimal-Biegungsfeſtigkeit 450 kg für 1 qcm.
Qualität II: Minimal-Biegungsfeſtigkeit 300 kg für 1 qcm."

Die Drehungs- oder Torſionsfeſtigkeit braucht bei Bauhölzern nicht weiter berückſichtigt zu werden; dasſelbe gilt von der Spaltungsfeſtigkeit, d. i. vom Widerſtand gegen die Trennung der Faſern durch einen zwiſchen ſie eindringenden keilförmigen Körper. Wichtiger iſt die Schub-, Scher- oder Abſcherungsfeſtigkeit und die Härte oder Schnittfeſtigkeit. Die letztere iſt der Widerſtand des Holzes gegen das Eindringen eines Schneidewerkzeuges in dasſelbe, wenn die Richtung des Werkzeuges nicht parallel zur Faſerrichtung iſt.

Über die Härte oder Schnittfeſtigkeit gibt es ſehr wenige zuverläſſige Angaben; dieſelben werden durch die in der Holzbearbeitung ſehr geläufigen Angaben über den Grad der Bearbeitungsfähigkeit des Holzes mittels Schneidewerkzeuge erſetzt.

Es bleibt vorbehalten, im nachſtehenden (unter b) bei den verſchiedenen Bauholzarten die ſehr abweichenden Feſtigkeitsangaben eingehender vorzuführen; an dieſer Stelle ſeien die von *Winkler* angegebenen und für die Praxis meiſt ausreichenden Mittelwerte aufgenommen:

Ziffer (Koeffizient) der	für Nadelholz	für Eichenholz
Zugfeſtigkeit	820	965
Druckfeſtigkeit	410	487
Biegungsfeſtigkeit — rechteckiger Querſchnitt	615	724
kreisförmiger „	665	784
Abſcherungsfeſtigkeit — parallel zu den Faſern	46	86
ſenkrecht „ „ „	125	125
	Kilogr. für 1 qcm.	

Die Zuſammenſtellung der wichtigſten Ergebniſſe ſämtlicher zuverläſſiger Studien über die Elaſtizitäts- und Feſtigkeitseigenſchaften der Hölzer aus jüngerer Zeit würde einen großen Wert für die Technik haben, da dieſe ihren Berechnungen für Konſtruktionszwecke dermalen noch immer ſehr fragwürdige Angaben zugrunde legen muß. Wohl iſt nicht zu bezweifeln, daß eine ſolche

Zusammenstellung den Charakter des zufällig Zusammengekommenen an sich tragen würde. Insolange nicht Versuche unter einheitlichen Gesichtspunkten vorgenommen werden, muß man auf Werte, welche in Wahrheit als Mittelwerte den verschiedenen Holzarten zukommen, verzichten. *Bauschinger* hat hierzu bereits den ersten Schritt getan, und durch seine Anregung wurde auch eine Kommission eingesetzt, deren Aufgabe war, ein einheitliches Vorgehen der Forscher auf diesem Gebiete herbeizuführen, sowie die als richtig erkannten Methoden und die ihnen dienenden Hilfsmittel zu verbreiten. Diese Kommission hat ein Komitee eingesetzt, welches sich im besonderen mit der Prüfung der mechanisch-technischen Eigenschaften der Hölzer beschäftigt[125]).

Nach den Untersuchungen über die Elastizität und Festigkeit der österreichischen Bauhölzer von *Hadek* und *Janka*[126]) kann der Bautechniker auf Grund des von den Genannten geprüften Materials bei Verwendung von Südtiroler Fichtenbauholz folgende Festigkeitszahlen benutzen, wobei eine Feuchtigkeit des Holzes von 20 Vomhundert (welchen Feuchtigkeitsgrad z. B. die Konstruktionshölzer bei unverschalten Brücken gewöhnlich besitzen) vorausgesetzt wird: Druckfestigkeit 277 kg für 1 qcm, Biegungsfestigkeit 476 kg für 1 qcm, Elastizitätsmodul 90 000 kg für 1 qcm.

187. Biegsamkeit und Zähigkeit.

12) Biegsamkeit und Zähigkeit. Die Voraussetzung für die Anwendung von Biegsamkeit und Zähigkeit ist jene, daß selbst bei beträchtlichen bleibenden Ausdehnungen oder Zusammendrückungen des Holzes eine Überwindung der Kohäsion nicht stattfindet. Das Holz muß eine dauernde Formveränderung ohne Herbeiführung eines Bruches zulassen. Der Gegensatz von biegsam oder zähe ist brüchig oder spröde. Ein erhöhter Grad der Biegsamkeit oder Bildsamkeit ist die Zähigkeit. Die Biegsamkeit sowohl, als auch die Zähigkeit ist bei den Hölzern im grünen Zustande meist größer als im trockenen. Der im frischen Holze vorhandene größere Vorrat an Wasser steigert die Biegsamkeit und Zähigkeit. Die Behandlung des trockenen Holzes mit Wasser oder Dampf führt zu einer Steigerung dieser Eigenschaften. Hierauf gründet sich das „Biegen des Holzes“, indem das letztere zunächst gedämpft wird und in diesem Zustande über Formen mittels Hand oder Maschinen gebogen wird. Im Schiffbau, Wagenbau, in der Böttcherei und in der Möbelfabrikation findet das Biegen des Holzes weitgehende Anwendung[127]). Im Baufache wird vom Biegen des Holzes kein nennenswerter Gebrauch gemacht, obgleich nicht einzusehen ist, warum bis heute krumme Holzteile, wie solche für runde Türen- und Fensterteile gebraucht werden, nicht auf dem Wege des Biegens des Holzes erzeugt werden.

188. Spaltbarkeit.

13) Spaltbarkeit. Den Widerstand, den die Fasern des Holzes der seitlichen Trennung entgegensetzen, bezeichnet man mit Spaltbarkeit. Dieselbe ist eine für die erste Ausformung der Hölzer, also für die Herstellung von Halbfabrikaten, in gewissen Fällen hochwichtige Eigenschaft und bildet die Vorbedingung für die Erzeugung von „Spaltwaren“, wie Faßdauben, Weinpfählen, Resonanzholz-Museln, Dachschindeln usw.

189. Härte.

14) Härte. Jenen Widerstand, welchen ein Körper dem Eindringen eines anderen Körpers in denselben von außen her entgegensetzt, nennt man Härte. Schwere Hölzer zeigen im allgemeinen eine größere Härte. Trockenes Holz gilt als härter wie das grüne. Die Praxis kennt nur „weiches“ und „hartes“ Holz; zum ersteren gehören alle Nadelhölzer und von den Laubhölzern z. B. Linde, Pappel, Erle usw.; zu den harten Hölzern gehören Buche, Ahorn, Eiche, Kastanie, Buchs usw.

Die Bauhölzer, welche von der Hand des Zimmermannes bearbeitet werden, sind vorzugsweise weiche Hölzer, wie z. B. Hölzer für Dachstühle, Deckenbalken usw., während die harten Hölzer mehr für Fenster, Türen und Tore, für Treppen usw., überhaupt für den inneren Ausbau, Anwendung finden.

[125]) Vergl.: Mittheilungen des Technologischen Gewerbe-Museums in Wien. Section I, Jahrgang VI (1885), Nr. 63.
[126]) Siehe: Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs. Wien 1900.
[127]) Siehe: LAUBOECK, O. Das Biegen des Holzes. Weimar 1893.

190. Dauer.

15) Dauer. Die Dauer des Holzes hängt von einer Anzahl von Umſtänden ab, unter welchen es erwachſen, geſchlagen und getrocknet verwendet iſt. Neben den techniſchen Eigenſchaften iſt beim Bauholz die Dauerhaftigkeit der wichtigſte Faktor für die Beurteilung des Gebrauchswertes. *Moeller* ſagt[128]: „Seit Jahrhunderten hat man diesbezüglich einen reichen Schatz von Erfahrungen geſammelt, aus denen man einige im allgemeinen gültige Geſetze ableitet; aber man iſt bis zum heutigen Tage nicht imſtande, die Dauer des Holzes unter beſtimmten Verhältniſſen im voraus anzugeben. Dieſe Unſicherheit führt bekanntlich nicht ſelten zu ſchweren Unglücksfällen, für welche man geneigt iſt, einzelne Individuen zur Verantwortung zu ziehen, während oft genug weder Sorgloſigkeit, noch Mangel an Fachbildung, ſondern die Beſchränktheit unſeres Wiſſens die Schuld trägt. Es iſt nämlich unmöglich, genau vorauszuſehen, welchen Einflüſſen verbautes Holz ausgeſetzt ſein wird, und wäre man in dieſer Beziehung der Wirklichkeit auch ſehr nahe gekommen, ſo kennt man doch die Beſchaffenheit des gegebenen Holzes nicht hinreichend gut, um im voraus mit Sicherheit ſagen zu können, wie es ſich den äußeren Einflüſſen gegenüber verhalten werde."

An der Zerſtörung des Holzes wirken zwei Gruppen von Schädlichkeiten, und zwar:

α) die atmoſphäriſchen Einflüſſe und

β) jene Schädlichkeiten, welche von den pflanzlichen Schmarotzern herrühren.

Die unter α bezeichneten Einflüſſe bewirken die langſame Zerſetzung, welche als Verweſung bezeichnet wird, und iſt die Luft zugleich feucht, ſo tritt die Vermoderung ein. Zu den Schädlichkeiten unter β iſt zu bemerken, daß bei feuchter und wenig bewegter Luft die Dauer des Holzes von den Spaltpilzen und Schimmelpilzen beeinflußt wird. Durch erſtere erſtickt das Holz, und durch letztere im Verein mit dem Holzſchwamm wird die Fäulnis des Holzes herbeigeführt.

Auch durch die Umſtände, unter welchen das Holz dauern ſoll, wird die Dauerhaftigkeit des Holzes beeinflußt. Nach *Nördlinger* ſtellt die Berührung des Holzes mit dem Boden dasſelbe in bezug auf die Dauer in hohem Maße auf die Probe, weil hier beſtändiger Wechſel zwiſchen Sonne und Feuchtigkeit herrſcht. Im Boden, ſtets trocken oder gleichmäßig feucht verweilend, kann Holz Jahrhunderte dauern. Daher iſt gleichförmiger Tongrund der Dauer günſtig, nicht aber eine in der Tiefe lagernde Tonſchicht. Auch ſtets feuchter Sand iſt nicht ungünſtig, wohl aber, weil in der Feuchtigkeit ſtets wechſelnd, Kalkboden.

Beſtändig unter Waſſer hält ſich das Holz im allgemeinen am beſten. In der Luft, im Schatten und geſchützt gegen Regen, hält Holz Jahrhunderte. Der Splint von Eichen, Nußbaum uſw. wird nach kurzer Zeit vom Splintkäfer zermalmt. Ohne Zweifel wird das unter Dach befindliche Kernholz, namentlich an feuchten Örtlichkeiten, nach Jahrhunderten von Nagekäfern und Bockkäfern zerſtört.

Unter Dach an trockenem Orte dauern z. B. Eiche viele Jahrhunderte, desgleichen Tannen, Fichten, Lärchen, Föhren und Ulmen. In feuchten Räumen, z. B. Erdgeſchoſſen, Ställen uſw. dauern dieſelben Hölzer weniger lang; noch kürzer aber, oft kaum 20 Jahre, da, wo ſie vom Regen getroffen werden; im Nadelholzſplint (Fichte und Tanne) ſtellen ſich zugleich Kerfe ein. Länger hält hier außer Eichen nur der Kern von Lärche und Föhre. Wind und Wetter ausgeſetzt oder gar, wie Bahnſchwellen, am Boden liegend, iſt Birkenholz ſchon nach einem Jahre ganz faul, Buche und Vogelbeere ſchon nach wenigen Jahren. Größere Dauer, 7 bis 10 Jahre, zeigt hier Fichte, etwas mehr Tanne, noch mehr Föhren- und Lärchenkern und am meiſten Eiche. Stets unter Waſſer hält Eichenholz gegen 1000 Jahre; auch Ulme, Erle, Buche und Föhre halten, ſtets unter Waſſer, Jahrhunderte[129].

[128]) In: Die Rohſtoffe des Tiſchler- und Drechslergewerbes. Kaſſel 1883.

[129]) Siehe auch: Sorókin. Ueber die Fäulnis der Hölzer. Zeitſchr. f. Bauw. 1883, S. 221.
Hartig, R. Die Zerſtörungen des Bauholzes. Berlin 1885.

Literatur

über „Bauholz“ im allgemeinen.

NÖRDLINGER, H. Die technifchen Eigenfchaften der Hölzer. Stuttgart 1860.
GARRAUD, L. *Études fur les bois de conftruction.* Paris 1863.
CHATEAU, TH. *Technologie du bâtiment. Des bois; bois flottés et non flottés; moyens de les reconnaître. Moniteur des arch.* 1869, S. 17.
NÖRDLINGER, U. Der Holzring etc. Stuttgart 1871.
Handbuch der chemifchen Technologie. Herausgegeben von BOLLEY-BIRNBAUM. 6. Bandes 1. Gruppe: Die chemifche Technologie der Baumaterialien und Wohnungseinrichtungen. 1. Abth.: Chemifche Technologie des Holzes als Baumaterial. Von A. MAYER. Braunfchweig 1872.
EASSIE, P. B. *Wood and its ufes.* Gloucefter 1874.
DOKOUPIL, V. Die Bauhölzer. Ein Beitrag zur Kenntniß der Baumaterialien. Biftritz 1876.
LANGE, W. Das Holz als Baumaterial. Holzminden 1879.
KAESSNER, B. Der Betriebs-Ingenieur für das Bau- und Fabrikwefen. Theil 2, Abth. 2: Gewinnung und Behandlung des Holzes für Bau und Gewerbe. Leipzig 1880.
SYKYTKA, W. Das Holz etc. Prag 1882.
STROTT, G. K. Einiges über Holz. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1882, S. 119, 124, 134.
Some practical notes on building woods. Building news, Bd. 42, S. 718.
Allgemeine Waarenkunde und Rohftofflehre. Bd. 3: Die Rohftoffe des Tifchler- und Drechslergewerbes. Theil I: Das Holz. Von J. MOELLER. Caffel 1883.
PRINTZ, E. Die Bau- und Nutzhölzer oder das Holz als Rohmaterial für technifche und gewerbliche Zwecke, fowie als Handelswaare. Weimar 1884.
LOREY, T. Handbuch der Forftwiffenfchaft. Bd. 1, Abth. 2, VIII: Technifche Eigenfchaften der Hölzer. Von W. F. EXNER. Tübingen 1887. 2. Aufl. 1903.
NÖRDLINGER, H. Die gewerblichen Eigenfchaften der Hölzer. Stuttgart 1890.
Ferner:
Allgemeine Holz-Zeitung. Herausg. von B. KAESSNER. Leipzig 1882.
Holz-Induftrie-Zeitung. Red. v. v. O. v. GRUNER. Leipzig 1883—85.
Allgemeiner Holz- und Forftanzeiger (Holz-Induftrie-Zeitung). Red. v. R. GRUNER. Leipzig. Erfcheint feit 1886.
Centralblatt für Holzinduftrie. Red. v. E. HOFFMANN. Neufalz a. O. Erfcheint feit 1883.

b) Wichtigere Bauhölzer.

191.
Eigenfchaften.

Der Begriff „Bauholz“ wird fehr verfchiedenartig aufgefaßt, und die bautechnifche Literatur befchäftigt fich fehr häufig mit Hölzern, die überaus felten, man könnte fagen, nur ausnahmsweife im Baufache Verwendung finden. Wir glauben viel richtiger vorzugehen, wenn wir unfere Erörterungen auf eine kleine Zahl der allerwichtigften und ftets angewendeten Bauhölzer befchränken und dafür diefelben um fo ausführlicher und erfchöpfender behandeln; dagegen die nur ausnahmsweife im Baufache vorkommenden Materialien ganz unberückfichtigt laffen, um fo mehr als die Erhebung der Eigenfchaften in demfelben Verhältniffe minder ausgedehnt und zuverläffig erfcheint, als die Wichtigkeit der Hölzer für die in Rede ftehende Produktionsrichtung geringer ift.

Die fonft auch übliche Einteilung in Nadel- und Laubhölzer wurde beibehalten, da fie für die Technik der Holzkonftruktionen von Bedeutung ift. Die Stämme der Nadelhölzer find geradwüchfiger als jene der Laubhölzer; auch find erftere aftreiner und verjüngen fich nach dem Zopf zu weniger als letztere. Das Holz der Laubhölzer ift härter und nimmt leichter Politur an als jenes der Nadelbäume; aus letzteren laffen fich dagegen längere Pfähle, Balken ufw. leichter herftellen.

Die Ermittelung der mechanifch-technifchen Eigenfchaften der Hölzer ift bis in die jüngfte Zeit fehr zurückgeblieben. Bei dem ftetigen rafchen Fortfchritte, welchen die mechanifche Technik überhaupt genommen hat, überrafcht es, daß wir gerade auf diefem einen Gebiete — mit Ausnahme der wenigen Ergebniffe,

welche den verflossenen letzten zwei Jahrzehnten angehören — fast keine positiven Unterlagen besitzen. Die Wichtigkeit solcher Versuche, welche uns zuverlässige Aufschlüsse über die Beschaffenheit der verschiedenen Konstruktionshölzer geben, braucht wohl nicht erst besonders hervorgehoben zu werden, da über die Bedeutung des Holzes als Baustoff ja kaum ein Zweifel besteht.

Untenstehend [130]) geben wir eine kurze Übersicht über jene Arbeiten, welche in jüngster Zeit veröffentlicht wurden und über die mechanisch-technischen Eigenschaften der Hölzer näheren Aufschluß geben.

A) Nadelhölzer.

192. Fichte.

1) **Fichte** (*Abies excelsa DC.*). Aussehen: Farbe zwischen gelblich-weiß und rötlich-weiß, Holz ziemlich grob, etwas glänzend (*Nördlinger*), leichter Harzgeruch. — Einheitsgewicht: Grüngewicht 0,400 bis 1,070 (0,735), lufttrocken 0,350 bis 0,600 (0,465, *Karmarsch*); Mittelwerte nach *Nördlinger* Grüngewicht 0,73, lufttrocken 0,47. — Saftgehalt: Bei frisch gefälltem Holze 45,2 Vomhundert des Gewichtes (*Schübler* und *Hartig*). — Schwinden: Nach *Karmarsch* Längenholz 0,076 Vomhundert, Querholz in der Richtung der Spiegel 1,1 bis 2,8 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 2,0 bis 7,3 Vomhundert, Querholz im Mittel 3,3 Vomhundert; nach *Nördlinger* in der Richtung der Spiegel 1,1 bis 2 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 2,9 bis 7,3 Vomhundert. — Quellen: Wasseraufnahme bis zur völligen Sättigung in der Richtung der Länge 0,076 Vomhundert, in der Richtung der Spiegel 2,4 Vomhundert, in jener der Jahresringe 6,18 Vomhundert (*Laves*); nach *Weisbach*'s Versuchen Zunahme infolge der Durchnässung an Volumen 4,4 bis 8,6 Vomhundert, an Gewicht 70 bis 166 Vomhundert. — Elastizität und Festigkeit [131]). α) Zug parallel zur Faser: Elastizitätsgrenze 0,209 t [132]), Elastizitätsziffer 90,58 t, Bruchgrenze 370 kg (*Mikolaschek*); Zugfestigkeit nach *Karmarsch* 746 bis 867 kg, Belastung für die Elastizitätsgrenze 252 kg, die dabei eintretende Verlängerung $^{1}/_{470}$. β) Druck parallel zur Faser: Elastizitätsgrenze 0,18 t, Elastizitätsziffer 134,6 t, Druckfestigkeit 297 kg (*Mikolaschek*); Mittelwerte 296 bis 448 kg (*Nördlinger*); 460 kg (*Schwappach*). γ) Biegung: Elastizitätsgrenze 0,13 t, Elastizitätsziffer 70,77 t, Biegungsfestigkeit 425 kg (*Mikolaschek*), Biegsamkeit nach *Karmarsch* (wenn Eiche = 100) 104. δ) Abscherungsfestigkeit: parallel zur Faser 50 kg, senkrecht zur Faser 260 kg. — Dauer: In beständiger Nässe soll (für Eiche = 100) Fichtenholz mit 50, in beständiger Trockenheit mit 75 bewertet werden (*Pfeil*); infolge des größeren Harzgehaltes im Witterungswechsel etwas dauerhafter, als Tannenholz (*Karmarsch*). — Verwendung: Wichtiges Bauholz; beliebtes Blindholz; feines Fichtenholz zu Getäfel.

193. Tanne.

2) **Tanne** (*Abies pectinata DC.*). Aussehen: Farbe zwischen gelblich- und rötlich-weiß, nicht so hell und gleichmäßig, wie Fichtenholz; die französische Tanne gibt das weißeste Holz aller französischen Abietineen (*Mathieu*); glänzend, kein ausgesprochener Geruch. — Einheitsgewicht (nach *Karmarsch*): Grenzen des Einheitsgewichtes grün 0,770 bis 1,230 (1,00), lufttrocken 0,370 bis 0,746

---

[130]) Jenny, K. Untersuchungen über die Festigkeit der Hölzer aus den Ländern der ungarischen Krone. Budapest 1873.

Exner, W. F. Studien über das Rothbuchenholz. Wien 1875.

Hartig, E. Untersuchungen über den Einfluß der Fällungszeit auf die Dauerhaftigkeit des Fichtenholzes, ausgeführt an der Kgl. sächsischen forstlichen Versuchsstation zu Tharand und am Kgl. sächsischen Polytechnikum zu Dresden. Dresden 1876.

Mikolaschek, K. Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit der wichtigsten Bau- und Nutzhölzer Böhmens. Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs. Bd. II, Heft 1. Wien 1879.

Bauschinger, J. Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit von Fichten- und Kiefern-Bauhölzern. Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der Kgl. technischen Hochschule in München. München 1883 u. 1887.

Tetmajer, L. Methoden und Resultate der Prüfung der schweizerischen Bauhölzer. Zürich 1883 u. 1896.

Lauboeck, G. Die technische Verwendung des Ailanthus-Holzes mit besonderer Berücksichtigung des Wagenbaues. Mitth. d. k. k. Technologischen Gewerbe-Museums. Wien 1885.

Rudeloff, M. Bericht über die im Auftrage des Herrn Ministers für Landwirtschaft, Domänen und Forsten ausgeführten Holzuntersuchungen. Berlin 1889.

Ueber Untersuchungen der technischen Eigenschaften des Holzes durch die Forst-Akademie Eberswalde. Deutsche Bauz. 1896, S. 359.

Wijkander, A. Untersuchung der Festigkeits-Eigenschaften schwedischer Holzarten etc. Gothenburg 1898.

Schwappach, A. Untersuchungen über Raumgewicht und Druckfestigkeit des Holzes wichtiger Waldbäume. — I. Die Kiefer. Berlin 1897. — II. Fichte, Weißtanne, Weymouthskiefer und Rothbuche. Berlin 1898.

Hadeck, A. & G. Janka. Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit der österreichischen Bauhölzer. I. Fichte Südtirols. Wien 1900. — II. Fichte von Nordtirol usw. Wien 1904.

[131]) Über Knickfestigkeit der Fichte siehe den Aufsatz *Bauschinger*'s in: Bair. Forstwissenschaftliches Centralblatt 1879.

[132]) Die Elastizitäts- und Festigkeitsangaben sind auf das Quadr.-Centimeter bezogen.

(0,558); Mittelwerte (nach *Nördlinger*) grün 1,00, lufttrocken 0,48 (*Gayer*); Grenzen für Lufttrockengewicht 0,405 bis 0,703 (*Chevandier-Wertheim*). — Saftgehalt: Bei frisch gefälltem Holze 37,1 Vomhundert des Gewichtes (*Hartig* und *Schübler*). — Schwinden: Entrindet nach dem Halbmesser 1,9 Vomhundert, nach der Sehne 2,4 Vomhundert (*Nördlinger*); Längenholz 0,086 bis 0,122 Vomhundert, Querholz in der Richtung der Spiegel 1,7 bis 4,82 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 4,1 bis 8,13 Vomhundert (*Karmarsch*). — Quellen: Entrindetes Tannenholz nach der Länge 0,104 Vomhundert, dem Halbmesser 4,82 Vomhundert, der Sehne 8,13 Vomhundert (*Laves*); aus *Weisbach*'s Versuchen bei völliger Durchnässung eine Volumzunahme von 3,6 bis 7,2 Vomhundert, an Gewicht 83 bis 123 Vomhundert. — Elastizität und Festigkeit. α) Zug parallel zur Faser: Elastizitätsgrenze 0,167 t, Elastizitätsziffer 139,65 t, Bruchgrenze 713 kg (*Mikolaschek*); Mittelwerte (*Chevandier-Wertheim*) Elastizitätsgrenze 0,2135 t, Elastizitätsziffer 111,32 t, Bruchgrenze 418 kg, dieselbe berechnet für Bohlen 588 kg, für Bretter 650 kg; Belastung für die Elastizitätsgrenze 249 kg, die dabei eintretende Verlängerung 1/600 (*Karmarsch*); Zugfestigkeit nach *Karmarsch* 111 bis 1048 kg, nach *Nördlinger* 1087 kg. β) Querzugfestigkeit: Zug im Sinne des Halbmessers Elastizitätsziffer 9,45 t, Bruchgrenze 22 kg; im Sinne der Tangente Elastizitätsziffer 3,41 t, Bruchgrenze 29,7 kg; Querzugfestigkeit nach *Karmarsch* 12 bis 41 kg. γ) Druck parallel zur Faser: Elastizitätsgrenze 0,28 t, Elastizitätsziffer 172,35 t, Druckfestigkeit 312 kg (*Mikolaschek*), 425 kg (*Nördlinger*), 400 kg (*Schwappach*). δ) Biegung: Elastizitätsgrenze 0,143 t, Elastizitätsziffer 75,545 t, Biegungsfestigkeit 430 kg (*Mikolaschek*); Mittelwerte nach *Ebbels* und *Tredgold* Elastizitätsziffer 99,1 t, Festigkeit 728,4 kg; senkrecht zu den Fasern Elastizitätsziffer 2,53 t; Biegung ganzer Trumme Elastizitätsziffer 20,39 bis 119,37 t (*Chevandier-Wertheim*), Vogesen-Tanne Biegungsfestigkeit 510 kg (*Chevandier-Wertheim*), 838 kg (*Nördlinger*). ε) Abscherungsfestigkeit: parallel zur Faser 30 kg, senkrecht zur Faser 273 kg (*Mikolaschek*); nach der Faserrichtung 42 bis 50 kg (*Karmarsch*). — Dauer: Tannenholz ist außerordentlich dauerhaft, wenn es trocken gehalten wird; es steht der Fichte voran (*Nördlinger*); beständig unter Wasser ist es von ziemlicher Dauer, dagegen weniger bei abwechselnder Nässe und Trockenheit. — Verwendung: Als Bauholz in feuchten Räumen der Fichte vorgezogen; es scheint in gewisser Hinsicht dem Fichtenholze nachzustehen, denn seine Horizontal-Tragkraft verhält sich nach *Muschenbroek* zu jener des Fichtenholzes wie 86 : 100, seine Elastizität wie 86 : 95 (*Mathieu*); wegen der leichten Spaltbarkeit beliebtes Material zu Schindeln.

194. Lärche.

3) **Lärche** (*Larix europae DC.*). Aussehen: Farbe des verschieden breiten Splintes gelblich-weiß, des Kernholzes rotbraun, glänzend. — Einheitsgewicht: Mittelwerte nach *Nördlinger* grün 0,69, lufttrocken 0,54, dürr 0,46 (*Pfeil-Werneck*); altes Lärchenholz 0,66, junges 0,55 (*Mathieu*); Grüngewicht 0,520 bis 1,000 (0,760), lufttrocken 0,440 bis 0,800 (nach *Karmarsch* 0,62). — Saftgehalt: frisch gefällt 48,6 Vomhundert des Gewichts (*Schübler* und *Hartig*); Mittelwert nach *Nördlinger* 25,7 (17,1 bis 45,9) Vomhundert. — Schwinden: Längenschwindung 0,1 Vomhundert, nach dem Halbmesser 2,3 Vomhundert, der Sehne 4,3 Vomhundert (*Nördlinger*); Längenholz 0,013 bis 0,288 Vomhundert, Querholz in der Richtung der Spiegel 0,3 bis 7,3 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 1,4 bis 7,1 Vomhundert; Querholz im Mittel 4,02 Vomhundert (*Karmarsch*). — Quellen: Bis zur vollständigen Sättigung mit Wasser nach der Länge 0,075 Vomhundert, im Halbmesser 2,17 Vomhundert, in der Sehne 6,3 Vomhundert (*Laves*). — Elastizität und Festigkeit. α) Zug parallel der Faser: Elastizitätsgrenze 0,172 t, Elastizitätsziffer 126,2 t, Bruchgrenze 588 kg (*Mikolaschek*); Belastung bis zur Elastizitätsgrenze 142 kg, die dabei eintretende Verlängerung 1/500 (*Karmarsch*), 941 bis 1390 kg (*Nördlinger*). β) Druck parallel der Faser: Elastizitätsgrenze 0,24 t, Elastizitätsziffer 43,45 t, Bruchgrenze nach *Mikolaschek* 320 kg, nach *Nördlinger* 406 bis 625 kg. γ) Biegung: Elastizitätsgrenze 0,157 t, Elastizitätsziffer 68,42 t, Biegungsfestigkeit 469 kg (*Mikolaschek*); Elastizitätsziffer 60,13 bis 135,6 t, Biegungsfestigkeit 988 bis 1323 kg (*Nördlinger*). δ) Abscherungsfestigkeit: parallel zur Faser 43 kg, senkrecht zur Faser 246 kg (*Mikolaschek*). — Dauer: Im Trockenen sowohl, als auch dem Witterungswechsel ausgesetzt, ist es von ausgezeichneter Dauer; unter Wasser wird es steinhart (*Nördlinger*). — Verwendung: Von hervorragender Qualität für Schiffbau, Brücken-, Wasser- und Grubenbauten; bei Hochbaukonstruktionen nur beschränktere Verwendung, für Möbelbau (schöne Politur), Parquetböden, Lambris und Getäfel.

195. Kiefer.

4) **Kiefer** oder **Föhre** *Pinus sylvestris L.*). Aussehen: Farbe des sehr breiten Splintes (nach *Nördlinger* 25 bis 80 Jahresringe umfassend) gelblich bis rötlich-weiß, das Kernholz unmittelbar nach dem Fällen ebenso, später im trockenen Zustande bräunlich-rot (*Hartig*); das Holz ist nach Frühlings- und Sommerteil der Jahresringe ungleichförmiger und daher weniger schön, wie Fichten- und Tannenholz (*Nördlinger*); glänzend, Kern wohlriechend. — Einheitsgewicht: nach *Karmarsch*, Grüngewicht 0,380 bis 1,078 (0,729), lufttrocken 0,310 bis 0,828 (0,569); Mittelwerte nach *Nördlinger* grün 0,70, lufttrocken 0,52, 0,49 (*Schwappach*). — Saftgehalt: frisch gefällt 39,7 Vomhundert des Gewichtes (*Schübler* und *Hartig*), 0,52 Vomhundert (*Nördlinger*). — Schwinden: nach

Karmarſch Längenholz 0,008 bis 0,201 Vomhundert, Querholz in der Richtung der Spiegel 0,6 bis 3,8 (2,2) Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 2,0 bis 6,8 (3,3) Vomhundert; Längenſchwindung 0,01 Vomhundert, in der Richtung der Spiegel 2,9 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 5,4 Vomhundert (nach *Nördlinger*). — Quellen bis zur völligen Sättigung mit Waſſer in der Länge 0,12 Vomhundert, in der Richtung der Spiegel 3,04 Vomhundert, in der Sehne 5,72 Vomhundert (*Laves*). — Elaſtizität und Feſtigkeit. α) Zug in der Richtung der Faſer: Elaſtizitätsgrenze 0,17 t, Elaſtizitätsziffer 119,9 t, Bruchgrenze 430 kg (*Mikolaſchek*); Vogeſen-Föhre Elaſtizitätsziffer 56,4 t, Bruchgrenze 250 kg (*Chevandier-Wertheim*); Zugfeſtigkeit nach *Karmarſch* 144 bis 1278 kg, nach *Nördlinger* 1065 kg. β) Querzugfeſtigkeit 15 bis 59 kg (*Karmarſch*); in der Richtung der Spiegel 40 kg, in der Richtung der Jahresringe 19 kg (*Chevandier-Wertheim*). γ) Druck: Elaſtizitätsgrenze 0,26 kg, Elaſtizitätsziffer 66,1 t, Druckfeſtigkeit 302 kg (*Mikolaſchek*), 444 kg (*Nördlinger*), 480 kg (*Schwappach*). δ) Biegung: Elaſtizitätsgenze 0,0797 t, Elaſtizitätsziffer 61,74 t, Biegungsfeſtigkeit 327 kg (*Mikolaſchek*); Hohenheimer Kiefer Elaſtizitätsziffer 65,4 t, Biegungsfeſtigkeit 973 kg (*Nördlinger*). ε) Abſcherungsfeſtigkeit: 31 kg, ſenkrecht zur Faſer 210 kg. — Dauer: Föhrenholz iſt von ausgezeichneter Dauer; Föhrenſtangen weniger dauerhaft (2 Jahre), als Fichtenſtangen (8 bis 10 Jahre, nach *Nördlinger*). — Verwendung: Vorzüglich brauchbar als Bauholz, wird aber, wenn es trocken ſteht, leicht von Inſekten angegangen; Brunnenröhren uſw.; minder beliebt als Tiſchlerholz wegen des Geruches und weil es unter dem Hobel leicht einreißt, daher keine Glätte annimmt (*Nördlinger*); für große Schiffsmaſten das beſte Holz.

B) Laubhölzer.

196. Eiche.

5) **Eiche** (*Quercus pedunculata Ehrh.*). Ausſehen: das Holz iſt ſofort kenntlich an dem Ringe großer Poren im Frühlingsholz, an den glänzenden breiten Markſtrahlen und an der eigentümlichen, in verſchiedenen Nuancen hellbraunen Farbe, welche der Eiche ihren Namen verdankt. — Einheitsgewicht: nach *Nördlinger* Grüngewicht 0,93 bis 1,28 (1,1), lufttrocken 0,69 bis 1,03 (0,86). — Saftgehalt: bei friſch gefälltem Holze 22 bis 39 Vomhundert des Gewichtes (*Nördlinger*). — Schwinden: nach *Karmaſch* Längenholz 0,2 bis 0,3 Vomhundert, Querholz in der Richtung der Spiegel 3,2 bis 3,3 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 0,8 bis 7,3 Vomhundert; Querholz im Mittel 3,65 Vomhundert; nach *Nördlinger* in der Richtung der Spiegel 1 bis 3 Vomhundert, in jener der Jahresringe 1 bis 7 Vomhundert. — Quellen: bei Waſſeraufnahme bis zur völligen Sättigung Längenausdehnung für junges Holz 0,4 Vomhundert, für gedämpftes 0,32 Vomhundert, für altes 0,13 Vomhundert, Ausdehnung in der Richtung der Spiegel bei jungem Holze 3,9 Vomhundert, bei gedämpftem Holze 2,66 Vomhundert, bei altem Holze 3,13 Vomhundert; Ausdehnung in der Richtung der Jahresringe bei jungem Holze 7,55 Vomhundert, bei gedämpftem Holze 5,59 Vomhundert, bei altem Holze 7,78 Vomhundert (*Laves*); nach *Weisbach*'s Verſuchen ergibt ſich bei völliger Durchnäſſung eine Zunahme an Volum um 5,5 bis 7,9 Vomhundert, an Gewicht 60 bis 91 Vomhundert. — Elaſtizität und Feſtigkeit. α) Zug parallel zur Faſer: Elaſtizitätsgrenze 0,35 t, Elaſtizitätsziffer 103 t, Bruchgrenze 685 kg, (*Mikolaſchek*); Mittelwerte nach *Chevandier-Wertheim* Elaſtizitätsziffer 97,78 t, Bruchgrenze 649 kg, Zugfeſtigkeit nach *Karmarſch* 223 bis 1451 kg, nach *Nördlinger* 1311 kg; Belaſtung für die Elaſtizitätsgrenze 272 kg, die dabei eintretende Verlängerung 1/130 (*Karmarſch*). β) Querzugfeſtigkeit: Zug im Sinne des Halbmeſſers Elaſtizitätsziffer 18,87 t, Bruchgrenze 58,2 kg; im Sinne der Tangente Elaſtizitätsziffer 12,98 t, Bruchgrenze 40,6 kg (*Chevandier-Wertheim*); Querzugfeſtigkeit nach *Karmarſch* 44 bis 61 kg. γ) Druck parallel zur Faſer: Elaſtizitätsgrenze 0,222 t, Elaſitätsziffer 125 t, Druckfeſtigkeit 364 kg (*Mikolaſchek*), 511 kg (*Nördlinger*). δ) Biegung: Elaſtizitätsgrenze 0,271 t, Elaſtizitätsziffer 73,5 t, Biegungsfeſtigkeit 618 kg, (*Mikolaſchek*), 1020 kg (*Nördlinger*). ε) Abſcherungsfeſtigkeit: nach *Karmarſch* in der Richtung der Faſern 61 bis 97 kg, parallel zur Faſer 92 kg, ſenkrecht zur Faſer 349 kg (*Mikolaſchek*). — Dauer: Eichenholz, bei mildem Klima und im freien Sande gewachſen, liefert das dauerhafteſte Holz; von außerordentlicher Dauerhaftigkeit unter Waſſer, im Boden, im Wind und Wetter, unter Dach; unter Dach wird es mit der Zeit ſpröder; Splint gewöhnlich nach wenigen Jahren im Freien eine Beute der Moderung, verfällt unter Dach dem Splintkäfer. — Verwendung: das Eichenholz iſt wegen ſeines hohen Preiſes und ſeines hohen Einheitsgewichtes als Hochbauholz vielfach durch das Fichten-, Lärchen und Kiefernholz verdrängt worden. Es iſt ein vorzügliches Waſſer- und Erdbauholz; Waſſerleitungsröhren aus Eiche geben dem Waſſer einen unangenehmen Geſchmack; junges Eichenholz iſt ſeiner größeren Dichte halber zu Schwellen mehr geeignet, als altes Stamm- oder Aſtholz; im Tiſchlergewerbe zu maſſiven Möbeln und Hausgeräten, zur inneren Auskleidung der Wohn-, Wirtſchafts- und Fabriksgebäude, als Blindholz; ſchlichtes und maſeriges Holz zu Fournieren; Parkettfabrikation; vorzügliches Schindelholz; vortrefflich für Säulen und für Pfähle unter Waſſer.

6) **Traubeneiche** (*Quercus ſeſſiliflora Ehrh.*). Einheitsgewicht: Grüngewicht 0,87 bis 1,16 (1,01); lufttrocken 0,53 bis 0,96 (0,745 *Nördlinger*). — Saftgehalt: Bei friſch gefälltem Holze 27 bis 32 Vomhundert des Gewichtes (*Nördlinger*). — Schwinden: Nach *Karmarſch* Längenholz 0,028 bis 0,435 Vomhundert, Querholz in der Richtung der Spiegel 1,1 bis 7,5 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 2,5 bis 10,6 Vomhundert, Querholz im Mittel 5,42 Vomhundert, nach *Nördlinger* in der Richtung der Spiegel 1 bis 4 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 3 bis 11 Vomhundert. — Elaſtizität und Feſtigkeit. α) Zug parallel zur Faſer; Elaſtizitätsgrenze 0,282 t, Elaſtizitätsziffer 82,6 t, Bruchgrenze 466 kg (*Mikolaſchek*); Mittelwerte nach *Chevandier-Wertheim:* Elaſtizitätsgrenze 0,235 t, Bruchgrenze 566 kg. β) Druck parallel zur Faſer: Elaſtizitätsgrenze 0,209 t, Elaſtizitätsziffer 93,3 t, abſolute Druckfeſtigkeit 258 kg (*Mikolaſchek*). γ) Biegung: Elaſtizitätsgrenze 0,177 t, Elaſtizitätsziffer 62 t, Biegungsfeſtigkeit 453 kg (*Mikolaſchek*). δ) Abſcherungsfeſtigkeit: parallel zur Faſer 70 kg, ſenkrecht zur Faſer 190 kg (*Mikolaſchek*).

197. Rotbuche.

7) **Rotbuche** (*Fagus ſylvatica L.*). Ausſehen: bei der Rotbuche erfolgt der Übergang von Splint zu Reifholz und Kern ſo allmählich, daß manche ſie für einen Splintbaum halten (*Hartig*); der weiße Splint, wie der braune Kern haben einen rötlichen Anflug; die Jahreslagen ſind deutlich abgegrenzt durch das dunkler gefärbte Herbſtholz; die Markſtrahlen von verſchiedener Breite erſcheinen auf Querſchnitten lichter, auf Längsſchnitten dunkler, als das umgebende Holz. — Eigengewicht: nach *Karmarſch* Grüngewicht 0,852 bis 1,12 (0,986), lufttrocken 0,9 bis 0,909 (0,748); nach *Nördlinger* Grüngewicht 0,90 bis 1,12 (1,01), lufttrocken 0,66 bis 0,83 (0,745), 0,67 (*Schwappach*); das ſpezifiſche Grüngewicht der im geſchloſſenen Beſtande erwachſenen Rotbuche iſt umſo größer, je höher das Holz über dem Erdboden liegt, je weiter es von der Wurzel entfernt iſt (*Exner*); das ſpezifiſche Lufttrockengewicht, vom Stocke aus nach oben zugehend, ſinkt zuerſt, um in der Höhe der Baumkrone eine bedeutende Steigerung zu erfahren und hier ſeinen Größtwert zu erreichen (*Exner*). — Saftgehalt: friſch gefällt 20 bis 43 Vomhundert des Gewichtes (*Nördlinger*). — Schwinden: Längenholz 0,20 bis 0,34 Vomhundert, Querholz in der Richtung der Spiegel 2,3 bis 6 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 5 bis 10,7 Vomhundert; Querholz im Mittel 6 Vomhundert (*Karmarſch*); in der Richtung der Spiegel 2 bis 6 Vomhundert, in jener der Jahresringe 7 bis 11 Vomhundert (*Nördlinger*); das Schwindmaß nimmt mit der Höhe im Baume ab (*Exner*). — Quellen: bis zur vollſtändigen Sättigung mit Waſſer Längenausdehnung 0,2 Vomhundert, Ausdehnung in der Richtung der Spiegel 5,03 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 8,06 Vomhundert (*Laves*); nach *Weisbach*'s Verſuchen Zunahme infolge der Durchnäſſung an Volum 9,5 bis 11,8 Vomhundert, an Gewicht 63 bis 99 Vomhundert. — Elaſtizität und Feſtigkeit. α) Zug in der Richtung der Faſer: Elaſtizitätsgrenze 0,245 t, Elaſtizitätsziffer 140,8 t, Bruchgrenze 364 kg (*Mikolaſchek*); Elaſtizitätsgrenze 0,2317 t, Elaſtizitätsziffer 98,04 t, Bruchgrenze 357 kg (*Chevandier-Wertheim*); Bruchgrenze 111 bis 664 kg (*Nördlinger*); Zugfeſtigkeit nach *Karmarſch* 111 bis 1527 kg, Belaſtung für die Elaſtizitätsgrenze 163 kg, die dabei eintretende Verlängerung $1/530$ (*Karmarſch*), 163,6 kg nach *Nördlinger*. β) Querzugfeſtigkeit: Zug im Sinne des Halbmeſſers Elaſtizitätsziffer 26,97 t, Bruchgrenze 88,5 kg; im Sinne der Tangente Elaſtizitätsziffer 15,93 t, Bruchgrenze 75,2 kg; Querzugfeſtigkeit nach *Karmarſch* 65 bis 122 kg. γ) Druck parallel der Faſer: Elaſtizitätsgrenze 0,249 t, Elaſtizitätsziffer 174,3 t, Druckfeſtigkeit 386 kg (*Mikolaſchek*), 612 kg nach *Nördlinger*, 540 kg (*Schwappach*). δ) Biegung: Elaſtizitätsgrenze 0,198 t, Elaſtizitätsziffer 97,6 t; Biegungsfeſtigkeit nach *Mikolaſchek* 709 kg; Biegungsfeſtigkeit nach *Nördlinger* 1153 kg. ε) Abſcherungsfeſtigkeit: parallel zur Faſer 81 kg, ſenkrecht zur Faſer 391 kg (*Mikolaſchek*), nach der Faſerrichtung 66 bis 68 kg (*Karmarſch*). — Dauer: äußerſt dauerhaft unter Waſſer, aber von kurzer Dauer im Freien (Fäulnis) und unter Dach (Nagekäfer); das Buchenholz iſt unter den Laubhölzern am meiſten dem Wurmfraß ausgeſetzt. — Verwendung: Bauholz für unter Waſſer bleibendes Zimmerwerk; für Wände, Decken, Dachſtühle uſw. nur ſelten verwendet, wohl aber zur Auskleidung, zu Treppen Fußböden uſw.; vorzüglich als Straßenpflaſter und Brückenbelag. Eine Hauptverwendung findet das Rotbuchenholz zur Erzeugung von Möbeln aus gebogenem Holze; in der Tiſchlerei zu einfachen Möbeln, imprägniert auch zu Luxusmöbeln [133]).

198. Ulme.

8) **Ulme** (*Ulmus campeſtris L.*). Ausſehen: die Ulmen haben einen gelblichen Splint und bräunlichen Kern. — Eigengewicht: nach *Karmarſch* Grüngewicht 0,73 bis 1,18 (0,955), lufttrocken 0,560 bis 0,854 (0,707); nach *Nördlinger* Grüngewicht 0,73 bis 1,18 (0,955), lufttrocken 0,56 bis 0,82 (0,69). — Saftgehalt: bei friſch gefälltem Holze 24 bis 44 Vomhundert des Gewichtes (*Nördlinger*). — Schwinden: Längenholz 0,014 bis 0,228 Vomhundert, Querholz in der Richtung der Spiegel 1,2 bis 4,6 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 2,7 bis 8,5 Vomhundert; Querholz im Mittel 4,25 Vomhundert (*Karmarſch*), in der Richtung der Spiegel 1 bis 4 Vomhundert, in der

[133]) Siehe auch: Die Verwendung des Buchenholzes zu Bauzwecken. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 483.

Richtung der Jahresringe 4 bis 8 Vomhundert (*Nördlinger*). — Quellen: bei Wafferaufnahme bis zur völligen Sättigung und Längenausdehnung 0,124 Vomhundert; Ausdehnung in der Richtung der Spiegel 2,94 Vomhundert; in jener der Jahresringe 6,22 Vomhundert (*Laves*); nach *Weisbach*'s Verfuchen Zunahme infolge der Durchnäffung an Volum 9,7 Vomhundert, an Gewicht 102 Vomhundert. — Elaftizität und Feftigkeit. α) Zug parallel zur Fafer: Elaftizitätsgrenze 0,147 t, Elaftizitätsziffer 132,5 t, Bruchgrenze 450 kg (*Mikolafchek*); Mittelwerte von *Chevandier-Wertheim* Elaftizitätsgrenze 0,1842 t, Elaftizitätsziffer 116,53 t, Bruchgrenze 699 kg; Zugfeftigkeit nach *Karmarfch* 182 bis 1040 kg, Belaftung für die Elaftizitätsgrenze 220 kg, die dabei eintretende Verlängerung 1/414; nach *Nördlinger* Bruchgrenze 2107 kg. β) Querzugfeftigkeit: Zug im Sinne der Fafer Elaftizitätsziffer 12,26 t, Bruchgrenze 34,5 kg; im Sinne der Tangente Elaftizitätsziffer 6,34 t; Bruchgrenze 36,6 kg; Querzugfeftigkeit nach *Karmarfch* 34 bis 37 kg. γ) Druck parallel der Fafer: Elaftizitätsgrenze 0,155 t, Elaftizitätsziffer 103,3 t; Druckfeftigkeit 236 kg (*Mikolafchek*), 540 kg nach *Nördlinger*. δ) Biegung: Elaftizitätsgrenze 0,156 t, Elaftizitätsziffer 64,7 t, Biegungsfeftigkeit 437 kg (*Mikolafchek*), nach *Nördlinger* 1381 kg. ε) Abfcherungsfeftigkeit: parallel zur Fafer 61 kg, fenkrecht zur Fafer 269 kg (*Mikolafchek*). — Dauer: fehr dauerhaft im Freien, unter Waffer und im Trockenen. — Verwendung: für Zimmerarbeiten und fonft im Hochbauwefen zu koftbar und von der Eiche übertroffen; vortrefflich zu Glockenftühlen ufw.; das fchlichte Holz findet in neuerer Zeit Anwendung bei der Parketterzeugung.

199. Efche.

9) **Efche** (*Fraxinus excelfior L.*). Ausfehen: der breite weiße Splint geht durch Reifholz allmählich in den bräunlich gefärbten Kern über; die Jahresringe find durch einen breiten Porenring im Frühlingsholze fcharf abgegrenzt. — Einheitsgewicht: nach *Karmarfch* Grüngewicht 0,70 bis 1,14 (0,92), lufttrocken 0,54 bis 0,94 (0,74). — Saftgehalt: bei frifch gefälltem Holze 14 bis 34 Vomhundert des Gewichtes (*Nördlinger*). — Schwinden: Längenholz 0,187 bis 0,821 Vomhundert, Querholz in der Richtung der Spiegel 0,5 bis 7,8 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 2,6 bis 11,8 Vomhundert; Querholz im Mittel 5,67 Vomhundert (*Karmarfch*); in der Richtung der Spiegel 3 bis 4 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 3 bis 11 Vomhundert (*Nördlinger*). — Quellen: bei Wafferaufnahme bis zur völligen Sättigung Längenausdehnung für junges Holz 0,821 Vomhundert, für altes 0,187 Vomhundert, Ausdehnung in der Richtung der Spiegel für junges Holz 4,05 Vomhundert; für altes 3,84 Vomhundert; in der Richtung der Jahresringe für junges Holz 6,56 Vomhundert, für altes 7,02 Vomhundert (*Laves*); nach *Weisbach*'s Verfuchen Zunahme infolge der Durchnäffung an Volum 7,5 Vomhundert, an Gewicht 70 Vomhundert. — Elaftizität und Feftigkeit. α) Zug parallel der Fafer: Mittelwerte nach *Chevandier-Wertheim* Elaftizitätsgrenze 0,2029 t, Elaftizitätsziffer 112,14 t, Bruchgrenze 678 kg; Bruchgrenze 522 bis 716 kg (*Nördlinger*); Belaftung für die Elaftizitätsgrenze 252 kg, die dabei eintretende Verlängerung 1/355; Zugfeftigkeit 522 bis 1210 kg (*Karmarfch*); nach *Nördlinger* 1345 kg. β) Querzugfeftigkeit: Zug im Sinne des Halbmeffers Elaftizitätsziffer 11,13 t, Bruchgrenze 21,8 kg; im Sinne der Tangente Elaftizitätsziffer 0,102 t, Bruchgrenze 40,8 kg (*Chevandier-Wertheim*); Querzugfeftigkeit nach *Karmarfch* 22 bis 41 kg; Druckfeftigkeit nach *Nördlinger* 439 kg. γ) Biegungsfeftigkeit: nach *Nördlinger* 1155 kg. — Dauer: der Witterung ausgefetzt und im Freien von geringer Dauer; auch verfällt das junge Holz im Trockenen dem Splintkäfer; im Boden ohne Dauer. — Verwendung: die Fourniere zu Möbel; befonders fchöne Fourniere von ungarifchem Efchenholz; Bretter.

200. Andere Bäume.

Außer den genannten Bauhölzern finden wohl auch andere wegen ihrer befonderen Eigenfchaften in einzelnen Fällen Anwendung. Von inländifchen Holzarten ift Ahorn wegen feines reinen, weißen Anfehens neben dunkleren Hölzern fehr wirkfam, daher zu Parkett-Fußböden und Einlagen, überhaupt zu feinen Tifchlerarbeiten beliebt. Linde, fehr weiß und fehr weich, mit kaum erkennbaren Jahresringen, läßt fich fehr gut fchneiden und ift daher für den Holzbildhauer von ganz befonderem Wert. Pappel, weich aber fehr zähe, meift dicht und gleichmäßig, wirft fich wenig und wird für Trittftufen, Tifchplatten, Täfelungen und Fußböden, für Drechfler- und Holzfchnitzarbeiten oft mit Vorteil verwendet. Nußbaum, dicht und feft, zeigt fehr fchöne, flammige Maferung, welche durch die Politur äußerft wirkfam hervortritt, ift daher befonders zu Fournieren für feine Tifchlerarbeiten gefchätzt. Von ausländifchen und überfeeifchen Holzarten dient demfelben Zweck Mahagoni; andere feltene und koftbare Hölzer für Luxusarbeiten bleiben hier unerwähnt.

In neuester Zeit haben sich von den überseeischen Holzarten die Zypresse, namentlich aber *Yellow-pine* und *Pitch-pine* Eingang verschafft.

201. *Yellow-pine* und *Pitch-pine.*

Amerikanische Kiefer (*Pinus rigida, pinus australis*[134]). Aussehen: Rötlich-gelb, wenig Splint; Stämme von 40 cm Durchmesser haben oft 25 cm vollständiges Kernholz; Jahresringe sehr eng und voneinander gleich weit entfernt, wenig Astknoten; Harzgehalt größer als bei der europäischen Kiefer, besonders harzreich jedoch an der See; im letzteren Falle heißt der Baum *Pitch-pine* (seifiges Aussehen, gegen das Licht gehalten rötlich durchscheinend), sonst *Yellow-pine* (undurchscheinend, weniger rötlich gefärbt). — Einheitsgewicht: *Pitch-pine* 0,78 bis 1,03, *Yellow-pine* 0,68. — Schwinden: Schwindmaß bedeutend, bei Querholz 1,6 bis 4,6 Vomhundert. — Quellen: etwa 0,6 Vomhundert. — Elastizität und Festigkeit: kommt der der Eiche sehr nahe; Zugfestigkeit nach *Knight* 843 kg, nach *Barlow* 738 kg; Druckfestigkeit nach *Hodgkinson* 477 kg; Abscherungsfestigkeit nach *Trautwine* 305 bis 403 kg. — Dauer: Wegen des großen und sehr gleichförmig verteilten Harzgehaltes dauerhafter als die europäische Kiefer; *Pitch-pine* dauerhafter als *Yellow-pine*; letzteres hat eine bedeutende Dauer nur dann, wenn es splintfrei ist; *Pitch-pine* widersteht der Fäulnis und dem Wurm sehr gut. — Verwendung: In Amerika vielfach zum Häuserbau; kommt nach Deutschland und Frankreich in Blöcken von 26 bis 56 cm Querschnittsseite und 10 bis 20 m Länge und kann als Ersatz für Eichen- und Teakholz verwendet werden, ohne es eine Reihe von Jahren trocknen zu müssen. Der hohe Harzgehalt des *Pitch-pine* schränkt dessen Anwendung auf solche Fälle ein, wo die Rücksicht auf Widerstand gegen Feuchtigkeit im Vordergrund steht und wo weder Sauberkeit der Oberfläche, noch des Aussehens erforderlich ist; das harzärmere *Yellow-pine* dagegen ist zu Fußböden, Türen, Fenstern und Außenverschalungen sehr geeignet.

c) Holzsortimente.

202. Rundholz und Balken.

Das Bauholz kommt im Handel meist als unbebeiltes (unbeschlagenes) oder Rundholz, als bebeiltes (beschlagenes) Kantholz und als Schnittholz, seltener als Spaltholz vor. Man hat ferner das geflößte von dem nicht geflößten zu unterscheiden.

Rundholz oder unbebeiltes Holz, auch Blockholz genannt, kommt in dem Zustande, worin es sich nach dem Fällen befindet, entweder entrindet oder seltener unentrindet auf den Markt. Kantig zugehauen (mit dem Beile oder der Axt gebeilt) oder zugeschnitten (mit der Säge), gibt das Rundholz die sog. Balken, welche als extrastarkes, Mittel- und Kleinbauholz in den Handel kommen.

Extra starkes Bauholz hat 35 bis 40 cm Querschnittsabmessung, ist 13 bis 15 m lang und wird im Hochbau nur sehr selten verwendet (zu sehr kräftigen Unterzügen, Grundschwellen usw.). Starkes Bauholz von 30 bis 35 cm Querschnittsabmessung und 12 bis 14 m Länge gibt, durch einen Sägeschnitt geteilt, das sog. Halbholz, durch zwei sich kreuzende Sägeschnitte geteilt, das sog. Kreuzholz. Mittelbauholz und Kleinbauholz haben im Mittel bezw. 25 und 20 cm Querschnittsabmessung, sowie 12 und 10 m Länge.

Noch schwächere Bauhölzer heißen Bohlstämme (etwa 15 cm stark) und Lattenstämme (etwa 10 cm dick); sie werden auch noch, zum Unterschied von den Kreuzhölzern, als einstielig bezeichnet; letztere sind selbstredend wertvoller, da sie weniger Splint haben und überhaupt von besserer Qualität sind.

203. Schnittholz.

Zum Schnittholz gehören außer den schon erwähnten geschnittenen Balken noch die Bohlen[135]), die Bretter, Dielen[136]) oder Borde, die Latten und die Fourniere. Die Bohlen sind 5 bis 10 cm dick, und man unterscheidet die Zopfbohlen von den wertvolleren Stammbohlen. In gleicher Weise werden bei den Brettern Zopf- und Stammbretter geschieden; dieselben haben 1,5 bis 4,5 cm Dicke; schmale

[134]) Vergl.: Deutsche Bauz. 1879, S. 23. — HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1880, S. 26. — Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1880, S. 47, 225. — Baugwks.-Ztg. 1881, S. 439. — *Annales des ponts et chaussées* 1879-I, S. 73.

[135]) In Österreich heißen die Bohlen auch Pfosten.

[136]) In Süddeutschland heißen die Bohlen auch Dielen.

Bretter (etwa 15 cm Breite) heißen Riemen, folche von 20 bis 25 mm Dicke Schalbretter; Bohlen und Bretter haben Längen von 3,00 m, 4,50 m, felten mehr, felbft bis 7,50 m und darüber. Die Bohlen und die Bretter werden nicht felten befäumt.

Latten, wenn fie für die Dachdeckung benutzt werden, erhalten 2 bis 3 cm Dicke und 5 bis 7 cm Breite; Doppellatten 3 bis 5 cm Dicke und 6 bis 10 cm Breite; die Länge beider ift jener der Bretter gleich. Spalierlatten find 4 cm breit, 2 cm dick und 3,00 bis 4,50 m, felbft 5,00 m lang. Fourniere haben eine Stärke von 6 bis 15 mm und eine Länge von 1 bis 3 m.

In den Abmeffungen der im Handel vorkommenden Bauhölzer herrfcht große Verfchiedenheit, woraus mannigfaltige Unzuträglichkeiten entftehen. Um letzteren zu begegnen, hat im Jahre 1898 der „Innungsverband deutfcher Baugewerksmeifter" Normalprofile für Bauhölzer feftgefetzt, und im gleichen Jahre hat der preußifche Minifter der öffentlichen Arbeiten die Einführung diefer Normalprofile den ihm unterftellten Behörden empfohlen. Sie find aus den beiden nachfolgenden Tabellen zu entnehmen:

Kantholz.

Normalprofile in Centimetern.

8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
6/8	8/10	10/12	10/14	12/16	14/18	14/20	16/22	18/24	20/26	22/28	24/30
—	10/10	12/12	12/14	14/16	16/18	16/20	18/22	20/24	24/26	26/28	28/30
—	—	—	14/14	16/16	18/18	18/20	20/22	24/24	26/26	28/28	—
—	—	—	—	—	—	20/20	—	—	—	—	—

Schnittholz.

(Bretter, Bohlen, Pfoften, Latten.)

In Längen von 3,50, 4, 4,50, 5, 6, 7 und 8 m.
In Stärken von 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120 und 150 mm.
Befäumte Bretter in Breiten von Centimeter zu Centimeter fteigend.

204. Spaltholz.

Zu Spalthölzern gehören die 45 cm langen und 12 bis 18 cm breiten Scharfchindeln und die Legfchindeln, 90 cm lang und 18 bis 30 cm breit.

Von einigen anderen Holzfortimenten, die durch Hobel-, Fräs- ufw. Mafchinen in einzelnen größeren Anftalten erzeugt werden, wird unter d noch die Rede fein.

d) Bearbeitung des Holzes.

205. Ablängen.

Nach dem Fällen der Bäume wird der Stamm durch Querfchneiden mit der Bauchfäge oder der geraden Zimmermanns-Querfäge in jene Teile getrennt, die zur weiteren Herftellung der Bauholz-Sortimente beftimmt find. Man nennt diefen Vorgang das Ablängen. Die fo zugerichteten Stammteile werden nun entweder gleich am Fällungsorte oder an einer von diefem entfernten Arbeitsftelle, auf dem Zimmerplatze oder in der Sägemühle, weiter zugerichtet. Diefer Vorgang wird in manchen Ländern mit Debitage des Holzes bezeichnet.

206. Behauen und Schneiden des Holzes.

Die erfte Zurichtung zu Bauholz-Sortimenten gefchieht entweder ausfchließlich durch Sägen oder, fofern es fich um die Seitenflächen handelt, auch durch das Bebeilen, Behauen oder Befchlagen, d. i. durch Zurichtung mittels des Zimmermannsbeiles. Die Wahl des einen oder anderen Verfahrens ift durch örtliche Verhältniffe beftimmt.

Beim heutigen Stande der Technik ift die Bearbeitung des Holzes mit Hilfe des Beiles nur in den feltenften Fällen gerechtfertigt.

Es handelt fich dabei immer um das Erzeugen von Balken von quadratifchem oder rechteckigem Querfchnitt oder um die Gewinnung fog. waldkantig (Gegenfatz zu vollkantig) befchla-

gener Hölzer. Bei diefen bildet der Querfchnitt eine Figur, welche ein unregelmäßiges Achteck darftellt; vier Seiten diefes Achteckes find gerade Linien: die Projektion der mittels des Beiles hergeftellten Flächen; die übrigen vier Seiten find Refte der urfprünglich kreisförmigen Querfchnittsfläche des gefällten Baumftammes. Solche waldkantig (auch wahn- oder baumkantig) behauene Balken behalten den größten Teil des Splintes und geftatten nur in gewiffen Fällen eine vorteilhafte Anwendung.

In neuerer Zeit werden Balken zumeift durch Sägen hergeftellt. Die Anwendung von Handfägen ift faft gänzlich auf das Querfchneiden der Balken befchränkt, während die Längsflächen, die den Balken begrenzen, mit Hilfe von Mafchinenfägen gebildet werden.

Man nennt die Abfälle, welche bei der Gewinnung eines Balkens aus einem Baumftamme übrig bleiben und mancherlei Verwendung im Bauwefen finden, Schwarten, bei größerer Stärke auch Schwartenbretter.

Bei der Debitage des Holzes find zwei Verfahren zu unterfcheiden. Das eine befteht darin, daß man den gefällten Baumftamm zu zwei oder vier Teilen auffchneidet, ohne befondere Rückficht darauf zu nehmen, welche Holzfortimente fpäter aus demfelben gewonnen werden follen. Auf diefe Art werden Weiterbeförderung und Austrocknen des Holzes begünftigt. Diefe Schnitthölzer werden erft auf der Sägemühle, auf dem Zimmerwerksplatze oder in der Bautifchlerei durch abermaliges Sägen in jene Sortimente verwandelt, die zur unmittelbaren Verwendung beftimmt find. Man nennt diefes Verfahren, welches namentlich in Amerika zu Haufe ift, das Wiederfägen (*Re-fawing*). Das zweite Verfahren befteht darin, daß man gleich von vornherein bei der erften Bearbeitung jene Sortimente herftellt, deren fpätere unmittelbare Verwendung ins Auge gefaßt werden kann.

Für beide Verfahren ift die Kreis- oder Zirkularfäge die wichtigfte und empfehlenswertefte Sägemafchine, welche übrigens in Deutfchland und Öfterreich-Ungarn noch viel mehr, als es der Fall fein follte, durch Gatterfägen mit einem oder zwei Sägeblättern, Mittelgatter oder Saumgatter, erfetzt wird.

Zur Herftellung von Bohlen und Brettern verwendet man die ftärkften, ganz gerade gewachfenen Stammabfchnitte, die fog. Sägeblöcke; das Schneiden gefchieht entweder mittels der Kreisfägen oder Gatterfägen, in neuerer Zeit auch durch die Bandfäge.

207. Herftellung fonft. Holzfortimente.

Der Baumeifter, bezw. der Bautifchler bezieht in der Regel für feinen Bedarf als Rohftoff die befchlagenen Balken oder Bäume für Gerüftholz, Deckenträger ufw. oder die mittels der Säge gefchnittenen Balken, Bohlen, Bretter, Latten ufw. In neuerer Zeit werden von größeren Anftalten auch noch weiter zugerichtete Holzfortimente für den Bedarf der Bautechnik geliefert. Hierher gehören einfeitig, zweifeitig, dreifeitig oder vierfeitig gehobelte Bohlen, Bretter und Latten mit ebenen Seitenflächen, ferner Bretter oder Bohlen, die an den beiden Schmalfeiten genutet find oder die auf der einen Seite eine Nut, auf der anderen Seite eine Feder tragen. Für die Verbindung von Brettern oder Bohlen, die an beiden Schmalfeiten genutet find, verwendet man Federn, welche befonders hergeftellt werden, und zwar mit wefentlichem Vorteil Querholz aus harten Hölzern.

Außer den mit ebenen Oberflächen durch die Hobelmafchine verfehenen Holzfortimenten bringen große Anftalten auch gekehlte Bretter und Latten in den Handel, welche zu Tür- und Fenfterverkleidungen dienen; folche Bretter werden nach beftimmten Profilen auf kleinen Hobelmafchinen hergeftellt. Namentlich haben fich Schweden und Norwegen hierfür ein weit ausgebreitetes Abfatzgebiet gefchaffen. Die mechanifchen Bautifchlereien zu Stockholm, Sandarne, Gothenburg und Chriftiania haben durch die Herftellung von verfchiedenartig profi-

lierten Kehlleiften, Gefimsleiften, Verkleidungsbrettern u. dergl. einen bedeutenden Markt gewonnen, um fo mehr, als das fchwedifche Bauholz, namentlich in früheren Jahren, eine vorzügliche Qualität befaß und dadurch einen großen Ruf erlangte[187]).

Auf hochentwickelten Zimmerplätzen kommen nebft den genannten Sägen und verfchiedenen Arten von Hobelmafchinen auch Fräsmafchinen zur Herftellung von Profilierungen an krummlinig geftalteten Holzkörpern, wie Verkleidungen von Bogenfenftern u. dergl., zur Anwendung.

208. Herftellung von Zapflöchern und Zapfen.

Um Zapfenlöcher mittels Mafchine herzuftellen, verwendet man die Stemmmafchine oder auch Langloch-Bohrmafchine. Auch für die Bildung von Zapfen für Holzverbindungen werden eigene Sondermafchinen, Zapfenfchneid-, Zapfenfräs- und Zapfenhobelmafchinen, verwendet, bei denen das Werkzeug aus Kreisfägen, Fräfern oder Hobelköpfen gebildet ift.

209. Bohren.

Der Handbohrer wurde in jüngfter Zeit auch durch fehr gut konftruierte Rundloch-Bohrmafchinen und zuletzt auch durch die aus Amerika ftammenden Handbohrmafchinen, welche fehr leiftungsfähig find, erfetzt.

210. Kombinierte Mafchinen.

In Bautifchlereien empfiehlt fich auch mitunter die Anwendung von kombinierten Mafchinen entweder für befondere Zwecke, wie für die Erzeugung von Riemenftücken für die fog. Riemenböden, für die Herftellung von Parketttafeln, einzelnen Teilen von Türen und Fenftern ufw.

Mafchinen, welche aus drei oder vier Werkzeugmafchinen zufammengefetzt find, alfo beifpielsweife aus einer Hobelmafchine, einer Säge, einer Bohrmafchine ufw. beftehen, erfcheinen auch unter der Bezeichnung Univerfaltifchler.

211. Herftellung von Schindeln.

Für beftimmte Artikel, die im Bauwefen Anwendung finden, z. B. für die Herftellung von Schindeln zur Verkleidung der Wände und Dächer, find eigene Sondermafchinen konftruiert worden, welche eine fehr bedeutende Leiftungsfähigkeit befitzen. Die Handfchindel wird durch Spalten hergeftellt; die Mafchinenfchindel wird in der Regel durch Sägen und nachheriges Hobeln der zuerft gebildeten Flächen erzeugt[188]).

Die Mafchinenfchindel hat ein größeres Beftreben, fich zu werfen, und muß daher mit ftärkeren Abmeffungen hergeftellt werden, wenn fie die gleichen Dienfte wie eine Handfchindel leiften foll. Übrigens laffen fich die Mafchinenfchindeln in den meiften Fällen um fo viel billiger als die Handfchindeln herftellen, daß es fachgemäß ift, Mafchinenfchindeln zu verwenden.

212. Herftellung von Furnieren.

Bei Bautifchlerarbeiten kommen zuweilen auch Furniere in Verwendung, welche zur Innendekoration der Räume dienen. Die Furniere werden entweder mittels Furnierfägen oder mittels Hobelmafchinen hergeftellt, in welch letzterem Falle die Furniere die Bezeichnung Mefferfchnitt-Furniere tragen; die letzteren find bedeutend dünner als die Sägefchnitt-Furniere und deshalb für bautechnifche Gegenftände wenig empfehlenswert, trotz des geringen Preifes, der ihnen gegenüber den Sägefchnitt-Furnieren eine bedeutende Verbreitung verfchafft hat.

Bezüglich der Erklärung und Befchreibung der im Vorftehenden genannten Arten von Werkzeugen und Mafchinen fei auf nachftehende Sonderfchriften verwiefen:

DUSKE, L., Mafchinen zur Bearbeitung des Holzes. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1857, S. 38, 67, 91, 163.

SCHMIDT, R. Die Mafchinen zur Bearbeitung des Holzes. 1. u. 2. Sammlung. Leipzig 1861—71.

Ueber einfache Holzbearbeitungsmafchinen. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1863, S. 141, 164, 211.

HART, J. Die Werkzeugmafchinen der Mafchinenfabriken zur Metall- und Holzbearbeitung. Heidelberg 1864—67. — 2. Aufl.: München 1872—74.

[187]) Siehe: MARCHET & EXNER. Holzhandel und Holzinduftrie der Oftfeeländer. Weimar 1876.

[188]) Siehe: EXNER, W. F. & K. STRCHEMCHA. Ueber Mafchinenarbeit und Handarbeit bei der Schindelfabrication. HEYER's Allg. Forft- und Jagdzeitung 1872.

GRAVENHORST, A. Die Holzbearbeitungsmaſchinen in ihrer gegenwärtigen Vervollkommnung. Weimar 1866.
RICHARDS, J. *A treatiſe on the conſtruction and operation of wood working machines* etc. London 1872.
Collectaneen über neuere Holzbearbeitungsmaſchinen. Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1872, S. 447.
RICHARDS, J. *On the arrangement, care, and operation of wood-working factories and machinery.* London 1873.
Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausſtellung im Jahre 1873. Band 2. Braunſchweig 1874. Holzbearbeitungsmaſchinen. S. 122.
Die Bodencultur auf der Wiener Weltausſtellung 1873. Bd. II: Werkzeugmaſchinen für die Holzbearbeitung auf der Wiener Weltausſtellung. Wien 1874.
Officieller Ausſtellungsbericht, herausgegeben durch die General-Direction der Weltausſtellung 1873. Holzbearbeitungsmaſchinen. Von W. F. EXNER. Wien 1874.
HESSE, E. A. v. Die Werkzeugmaſchinen zur Metall- und Holzbearbeitung. Leipzig 1874.
BENTHAM, S. *A treatiſe on the conſtruction and operation of wood-working machines.* London 1876.
GRAEF, A. Die Holzbearbeitungsmaſchinen für Tiſchler, Bildhauer, Zimmerleute. Weimar 1877.
Berichte über die Weltausſtellung in Philadelphia 1876. Herausgegeben von der öſterreichiſchen Commiſſion. Wien 1877—79. Nr. 6: Holzbearbeitungs-Maſchinen. Von F. REIFER.
FISCHER, H. Die Holzſäge, ihre Form, Leiſtung und Behandluug in Schneidemühlen. Berlin 1879.
Officieller Bericht über die Weltausſtellung in Paris 1878. Herausgegeben von der k. k. öſterr. Commiſſion für die Weltausſtellung in Paris im Jahre 1878. Heft 2: Die mechaniſche Holzbearbeitung, deren Hilfsmittel und Erzeugniſſe. Von W. F. EXNER & G. LAUBÖCK. Wien 1879.
Thürfüllungs-Abplattemaſchine. Maſchinenb. 1879, S. 343.
Mittheilungen von der Weltausſtellung in Paris 1878. Holzbearbeitungsmaſchinen von J. A. FAY und Co. Polyt. Journ., Bd. 232, S. 304.
EXNER, W. F. Werkzeuge und Maſchinen zur Holz-Bearbeitung, deren Conſtruction, Behandlung und Leiſtungsfähigkeit. Band I. u. II. Weimar 1878—80.
BALE, P. *Wood-working machinery: its riſe, progreß, and conſtruction.* London 1880.
Amerikaniſche Holzbearbeitungsmaſchinen. Maſchinenb. 1880, S. 195.
Ueber Holzbearbeitungsmaſchinen. Maſchinenb. 1880, S. 264 u. 270.
Ueber Holzbearbeitungsmaſchinen. Maſchinenb. 1880, S. 195, 264, 274, 291, 306 u. 322.
Neuerungen an Holzbearbeitungsmaſchinen. Polyt. Journ., Bd. 235, S. 337.
LEDEBUR, A. Die Verarbeitung des Holzes auf mechaniſchem Wege. Braunſchweig 1881.
BALE, M. P. *Wood-working machinery* etc. London 1880. — 2. Aufl. 1894.
ARMENGAUD. *Les ſcieries mécaniques et les machines-outils à travailler les bois.* Paris 1881.
EXNER, W. F. & C. PFAFF. Werkzeuge und Maſchinen zur Holzbearbeitung etc. Weimar 1883.
UHLAND, W. H. Handbuch für den praktiſchen Maſchinen-Conſtructeur. Band III. Leipzig 1883. S. 117.
RICCARDS, J. *Wood-working machinery* etc. London 1885.
FISCHER, H. Die Werkzeugmaſchinen. Band II: Die Holzbearbeitungsmaſchinen. Berlin 1901.
LAUBÖCK, G. Die Holzbearbeitungsmaſchinen. Berichte über die Weltausſtellung in Paris 1900. Wien 1901.
Mittheilungen des technologiſchen Gewerbe-Muſeums in Wien. I. Section. Fachzeitſchrift für die Holzinduſtrie. Red. von EXNER. Erſcheint ſeit 1880.

e) Mittel gegen Schwinden, Fäulnis und Schwamm.

1) Mittel gegen das Schwinden des Holzes.

213.
Trocknen.

Um das Schwinden des Holzes unmerklich oder doch unſchädlich zu machen und das Werfen, ſowie das Reißen zu verhindern, hat man die verſchiedenartigſten Mittel angewendet, die bald von größerem, bald geringerem Erfolge begleitet waren.

Die in erſter Linie ſtehende Bedingung iſt das zweckmäßige Austrocknen des Holzes. Eines der älteſten Verfahren beſteht darin, daß der Baum vor dem Fällen im Frühjahr von den Äſten bis zu den Wurzeln ganz oder teilweiſe ent-

rindet wird und daß man ihn so bis zur Fällungszeit im Herbste stehen läßt. Besser ist es, wenn man das Lufttrocknen anwendet, indem der gefällte Stamm, in Stücke zerteilt, vor seiner weiteren Verarbeitung an der Luft ausgetrocknet wird.

Hierbei ist jedoch darauf zu achten, daß dieses Trocknen nicht zu rasch und nicht zu ungleichförmig stattfinde oder daß es nicht zu sehr verzögert werde, wodurch das Anfaulen herbeigeführt wird. Während des Trockenvorganges müssen die Hölzer frei gelagert und vor Berührung untereinander und mit dem Erdboden bewahrt werden. Zweckmäßig ist es, das Holz teilweise zu entrinden und die Hirnflächen durch Bekleben mit Papier oder durch Bestreichen derselben mit Ölfarbe gegen Entstehung von Kernrissen zu schützen.

Da das Lufttrocknen, namentlich für starke Hölzer angewendet, nicht unbeträchtliche Zeit in Anspruch nimmt, so hat man seine Zuflucht zum künstlichen Holztrocknen genommen, welches den Vorzug gewährt, daß das Holz schon nach kurzer Zeit der weiteren Verarbeitung unterzogen werden kann, ohne daß seine Zug- und Druckfestigkeit einer Verminderung unterliegen würde. Das Holz wird in die Trockenkammer gelegt, welche von außen geheizt wird oder durch Anwendung von Wasserdampf ihre erhöhte Temperatur erhält. Dabei ist nicht zu übersehen, daß für den nötigen Luftwechsel gesorgt werde, da sonst das nahe dem Boden liegende Holz durch die sich niederschlagenden Wasserdämpfe vollständig durchnäßt, anstatt trocken, erscheint.

Das Trocknen darf nicht allzu schnell erfolgen, um das Rissigwerden des Holzes zu vermeiden. Diese Bedingung erheischt eine regelbare Heizung. Auch darf nicht alles Wasser dem Holze entzogen werden, da es sonst brüchig wird und seine Kohäsion verliert.

214. Auslaugen.

Die Entfernung der Holzsäfte durch Auslaugen erfreut sich wohl keiner größeren Verbreitung; doch führt auch dieses Mittel zur Verhinderung des Schwindens. Schon bei der Wasserbeförderung (beim Flößen) der Hölzer erfolgt ein geringes Auslaugen, vollständiger jedoch durch das Versenken des Holzes unter Wasser und namentlich in starkfließendem Wasser, wobei das Stammende gegen die Strömung gerichtet wird. Nach ein- bis zweimonatlicher Dauer des Auslaugens zeigt sich schon ein merklicher Erfolg dadurch, daß die so behandelten Hölzer weniger schwinden und sich weniger ziehen als unausgelaugte.

Diesem Verfahren vorzuziehen ist das Behandeln des Holzes mit kochendem Wasser, was jedoch nur bei kleineren Holzstücken mit Erfolg durchgeführt werden kann.

215. Dämpfen.

Das wirksamste Mittel und die daher empfehlenswerteste Art des Auslaugens ist das Dämpfen des Holzes. Der Dampf dringt kräftiger in die Poren des Holzes ein und wirkt dadurch energischer auflösend auf die Saftstoffe als das Wasser. Für das Dämpfen ist noch die Bemerkung wichtig, daß die Anwendung von Dampf unter 100 Grad C. dem Dampfe von höherer Temperatur vorzuziehen ist, da im letzteren Falle die Einwirkung des Wasserdampfes auf die Holzfaser schwächend und verändernd wirkt.

216. Weitere Mittel.

Weitere Mittel gegen das Schwinden des Holzes sind: zweckmäßige Wahl der Faserrichtung bei der Herstellung von hölzernen Bauteilen, ferner entsprechende Rücksichtnahme auf die Lage des Spiegels und des Kernes beim Zerschneiden, Verarbeiten und Verbinden der Holzteile, weiters das Zusammenfügen der hölzernen Konstruktionsteile aus kleinen Stücken, endlich der Überzug mit der Feuchtigkeit widerstehenden Stoffen, wie z. B. das Tränken mit Leinöl, das Firnissen, das Anstreichen mit Ölfarbe usw. Diese Mittel finden jedoch nur in besonderen Fällen Anwendung und sind nicht in jenem Maße, als es wünschenswert erscheint, dem Schwinden entgegenzutreten geeignet.

2) Haltbarmachung des Holzes.

(Konſervierung.)

217. Haltbarmachen.

Jene Verfahrungsarten, welche unter dem Namen „Konſervierung des Holzes" zuſammengefaßt werden können, gipfeln in dem Beſtreben, das Holz gegen Fäulnis und die damit zuſammenhängenden Vernichtungsvorgänge zu ſchützen.

Das Holz unterliegt ſelbſt dann dem Verderben, wenn keine erkennbar nachteiligen Einflüſſe von außen auf dasſelbe wirken. Dieſe Erſcheinung iſt dem Vorhandenſein von Stoffen zuzuſchreiben, welche den aufgelöſten Stoffen des Holzſaftes angehören. Die reine Holzfaſer an ſich iſt eine in ſehr geringem Grade der Veränderung und Zerſtörung durch die Zeit unterworfene Maſſe. Iſt das Holz ſtets in feuchtem Zuſtande, ſo beobachten wir ein immerwährendes Fortſchreiten in der Zerſtörung, die ſog. naſſe Fäulnis, im Gegenſatz zur trockenen Fäulnis, Vermoderung, Stockung, welche dann eintritt, wenn das Holz einem geringeren und abwechſelnd bald ſteigenden, bald ſinkenden Feuchtigkeitszuſtande unterworfen iſt.

Das in den Hochbauten angewendete Holz geht in der Regel bald zugrunde, wenn es mit feuchter Erde in Berührung kommt oder an ſolchen feuchten Orten ſich befindet, wohin keine friſche Luft treten und das Holz ſeine Feuchtigkeit durch Ausdünſtung nicht verlieren kann. Gegen die Einflüſſe der äußeren Feuchtigkeit kann Bauholz durch Anſtriche, wie gut deckende und haftende Ölfarben, Firniſſe, Teer[139]) uſw., ferner durch einen Anſtrich mit Karbolineum[140]) geſchützt werden; vorzüglich iſt hierfür auch das Tränken mit Talg, Wachs, Paraffin, Leinöl und Löſungen von Harzen in Ölen; letztere werden bis auf 200 Grad C. erhitzt und die Hölzer in dieſelben eingetaucht. Solche Verfahren werden indes nur in ſelteneren Fällen, ſo z. B. für Hölzer zu Parkettfußböden uſw., angewendet, weil ſie koſtſpielig ſind.

218. Durchtränken.

Als wirkſamſtes Konſervierungsmittel muß das Durchtränken oder Imprägnieren des Holzes mit verſchiedenen Stoffen bezeichnet werden, welche teils unmittelbar fäulniswidrig ſind, teils die Saftſtoffe chemiſch verändern. Dieſes Verfahren hat faſt nur für das Haltbarmachen von Eiſenbahnſchwellen in größerem Umfang Anwendung gefunden; wir können uns deshalb darauf beſchränken, jene Verfahren zu ſkizzieren, welche auch für Bauhölzer Verbreitung gefunden haben.

Von den Metallſalzen, welche man zum Haltbarmachen verwendet, hat das Chlorzink eine große Bedeutung und gehört zugleich zu den billigſten Durchtränkungsſtoffen. Das hiermit getränkte Holz beſitzt die Eigenſchaft, daß ein Ölanſtrich daran gut haftet, während Hölzer, mit anderen Salzen durchtränkt, ſolche Anſtriche abwerfen. Dieſer Eigenſchaft zufolge hat man z. B. Türgewände auf ſolche Weiſe durchtränkt.

Um ganze Stämme zu durchtränken, hat *Boucherie* das folgende Verfahren eingehalten. In dem noch nicht gefällten Baume werden oberhalb der Wurzel Bohrlöcher angebracht, welche mit einem die Durchtränkungsflüſſigkeit (holzeſſigſaures Eiſen) enthaltenden Behälter in Verbindung ſtehen. Vermöge der Kapillarität ſaugt der Baum dieſe Flüſſigkeit bis in die Zweige empor. Dieſes augenſcheinlich zweckmäßige Verfahren hat ſich jedoch aus verſchiedenen Gründen als unpraktiſch erwieſen, teils ſchon aus dem Grunde, weil wohl einige Holzarten, wie Linde, Buche, Ulme uſw.

[139]) Die Tatſache, daß Anſtriche hie und da ſich nicht bewährt haben, rührt in der Regel daher, daß die Hölzer gleich nach der Verwendung, alſo meiſt in nicht genügend trockenem Zuſtande, mit einem Anſtrich verſehen worden ſind. Erſt dann, wenn im Holz jene bedeutenden Veränderungen vorüber ſind, welche es in den erſten Jahren nach dem Fällen durch das Schwinden erleidet, iſt es geeignet, eine äußere Schutzdecke in Form eines deckenden Anſtriches anzunehmen; hierfür iſt je nach der Gattung des Holzes und der Art der Aufbewahrung (künſtliche Dörrung ausgenommen) mindeſtens 4 bis 6 Jahre nach dem Fällen zu rechnen. (Vergl. Deutſche Bauz. 1880, S. 61.)

[140]) Von *Avenarius* in Gau-Algesheim erfunden.

vollständig durchdrungen wurden, jedoch andere wieder, wie Eiche, Fichte, Tanne, Nußbaum, nur teilweise und nicht im Kerne durchtränkt erschienen. Dieses Verfahren ist deshalb von seinem Erfinder verlassen worden.

Vor einiger Zeit wurde versucht, das Holz mit den verschiedensten Farbtönen durch und durch zu tränken, so daß das Holz nicht nur eine, sondern sogar mehrere Farbtöne aufweist.

Dieses Verfahren wird von der „Commandit-Gesellschaft für Holzimprägnirung und Holzfärberei" in Klosterneuburg bei Wien ausgeführt.

Boucherie's neueres Durchtränkungsverfahren besteht darin, daß der frisch geschlagene Baumstamm in unbehauenem Zustande durch Anwendung hydraulischen Druckes mit einer Kupfervitriol-Lösung getränkt wird. Dieses System, welches weite Verbreitung fand, bedarf nur geringer Hilfsmittel und einer ganz einfachen Handhabung. Für Eichenholz ist dasselbe jedoch unanwendbar.

Ein von gutem Erfolg begleitetes Verfahren, welches von verschiedenen Firmen gehandhabt wird, benutzt als Durchtränkungsstoff Kreosot, Phenyl und unter Umständen Naphthalin, Teeröle, die bei der Leuchtgasbereitung als Rückstand erscheinen; andere verwenden Teer, die Nebenerzeugnisse der Petroleumraffinerie usw., und zwar diese Stoffe in Dampfform, d. h. in dampfförmigem Aggregatzustande oder mechanisch vom Dampf mitgerissen. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß die Durchtränkung eine vollständige die ganze Masse durchdringende ist. Durch dasselbe hat man die verschiedenen Grade von Trocknung und Durchtränkung vollkommen in der Gewalt. Während bei Bahnschwellen, Pfählen usw. die stärkste Durchtränkung gewünscht wird und ihre Trockenheit von viel geringerem Belang ist, kann andererseits bei Hölzernder Bautischlerei das Entgegengesetzte einzuhalten sein, so daß dieselben schwach durchtränkt, jedoch vollkommen trocken und zu augenblicklicher Verarbeitung geeignet sind. Überdies erhalten die so durch das Dämpfen durchtränkten Tischlerhölzer eine schöne Färbung.

219. Aufbewahrung des Bauholzes.

Schließlich ist an dieser Stelle, als Maßregel gegen Fäulnis und Stocken, der richtigen Aufbewahrung des Bauholzes zu gedenken.

Dieselbe hat so zu geschehen, daß jedes einzelne Stück von möglichst vielen Seiten dem Luftzutritt ausgesetzt ist. Deshalb sind in dem aus einzelnen Lagen von Brettern, Bohlen usw. gebildeten Stoße möglichst viele querliegende Zwischenhölzer anzubringen; auch ist der ganze Stoß von Zeit zu Zeit umzusetzen, um den früher versteckt liegenden Holzteilen den freien Luftzutritt zu sichern. Hierbei ist eine schützende Bedachung ebenso nötig, wie eine gute Unterlage auf ganz trockenem Grunde.

Literatur.

Bücher über „Haltbarmachung des Holzes".

EHRLICH, C. Dauerhafte Conservirung des Holzes in Anwendung auf Eisenbahnschwellen und Bauhölzer. Quedlinburg 1858.

BOUCHERIE. *Mémoire sur la conservation des bois.* Paris 1859.

SCHEDEN, A. Rationell-praktische Anleitung zur Conservirung des Holzes. 2. Aufl. 1860.

BURESCH, E. Ueber die verschiedenen Verfahrungsarten und Apparate, welche beim Imprägniren der Hölzer Anwendung gefunden haben. Gekrönte Preisschrift. Dresden 1860.

KAUFMANN, A. Neues Schutzmittel, das Holz durch Verdichtung und Austrocknung desselben vor Fäulnis und vorzeitigem Verderben zu schützen. Berlin 1863.

LAPPARENT. *Conservation des bois par la carbonisation* etc. Paris 1866.

OPPERMANN, A. C. *Mémoire sur la conservation des bois par le procédé de* M. VICTOR FRÉRET. Paris 1873.

PAULET, M. *Traité de la conservation des bois, des substances alimentaires et de diverses matières organiques.* Paris 1874.

HEINZERLING, CH. Die Confervirung des Holzes. Halle 1884.
ANDÉS, L. E. Das Conferviren des Holzes. Wien 1884.
ZIMMERMANN, W. Das Beizen und Färben des Holzes. Barmen 1904.
VOSS, F. Das Beizen und Färben des Holzes. Düffeldorf 1904.

3) Mittel gegen den Hausfchwamm.

220. Entftehung des Schwammes.

Die Bildung des fog. Haus- oder Tränenfchwammes ift eine Folge der eingetretenen Zerftörung des Holzes, welche durch das Vorhandenfein von Feuchtigkeit bei gelinder Wärme und durch Mangel an Licht und Luft herbeigeführt wird. Der faferige Aufbau des Holzes wird vernichtet; die Zerfetzung vollzieht fich befonders rafch an der vom Licht abgewendeten unteren Fläche des Holzes, während es im äußeren noch gefund erfcheint. Der Schwamm bezieht feine Nahrung aus dem kranken Holze felbft, wirkt auch auf das benachbarte gefunde Holz anfteckend und dringt felbft in die Ritzen des Mauerwerkes ein, indem die begleitende Feuchtigkeit den Mörtel zerftört.

Unter den auftretenden Pilzarten ift es vorzugsweife der fog. tränende Roftpilz, welcher als höchft gefährlich bezeichnet wird. Während des Entftehens des Pilzes zeigen fich am Holze weiße Flecken, die fich allmählich vergrößern und ein filberartiges feines Netz bilden, welches die Oberfläche des Holzes feucht hält. Diefes fleckige Gewebe geht nach und nach in ein blätterartiges, faftiges Fafergeflecht über, welches eine afchgraue Farbe und feidenartigen Glanz annimmt und durch den beizenden Saft, den es austräufelt, die rafche Verbreitung des Schwammes vorbereitet. In feiner ferneren Entwickelung erfcheint das Gewächs als eine elaftifche, korkartige Maffe von weißgelblicher Farbe, welche durch die Einwirkungen der Luft und des Lichtes in das Bräunliche übergeht, indem der Schwamm dabei zufammenfchrumpft, bei erlangter vollftändiger Reife zerreißt und einen in den Keimbehältern befindlichen Staub ausfchüttet, der fich dann weiter verbreitet. Das Gewächs verbreitet von feinem erften Entftehen an einen unangenehmen, felbft der Gefundheit fchädlichen Modergeruch.

Namentlich an feuchten Orten greift die Schwammbildung bedeutend um fich. Als beftes Mittel gegen den Hausfchwamm gilt daher das vollftändige Entziehen der Feuchtigkeit aus den Gebäuden und das Zuführen von Licht, jedenfalls aber von Luft, durch Drainierung des Grundftückes und Anwendung von Ifolierfchichten im Mauerwerk, durch Freilegen und Ifolieren der Schwellen, Lagerhölzer und Balkenenden im Erdgefchoß, wo erfahrungsgemäß der Hausfchwamm zuerft auftritt, insbefondere auch durch Herftellung eines kräftigen Luftumlaufes unter dem Fußboden, indem man den freien Luftraum zwifchen den Lagerhölzern oder Balken mit der äußeren oder inneren Luft und womöglich auch mit den Heizkörpern in geeignete Verbindung bringt.

221. Verhütung des Hausfchwammes.

Diefes find in der Tat die wirkfamften Mittel fowohl zur Verhütung, als auch zur Vertilgung des Hausfchwammes. Zur Verhütung desfelben erfcheint es ferner geboten, fchon während der Bauzeit darauf zu achten, daß Körper, welche Nahrung für Pflanzenkeime enthalten, von der Bauftelle entfernt und felbftverftändfich niemals in das Gebäude felbft gebracht werden, wie z. B. die fruchtbaren Erdarten, Schutt von Gebäuden, welche fchon durch den Schwamm infiziert waren, Pflanzenrefte, lehmiger Sand ufw. Mit befonderer Sorgfalt find diefe Vorfichtsmaßregeln einzuhalten, wenn auf der Bauftelle früher Kehrichthaufen, bezw. -Gruben, Düngerftätten oder andere den Pflanzenwuchs fördernde Anlagen beftanden haben.

Als Ausfüllungsmittel an Stelle des Abraumes, zum Aufbringen auf Gewölbe uſw. iſt nach *Engel* feſtgeſtampfter Lehm zu empfehlen; andere brauchbare Ausfüllungsmaterialien ſind ſcharfer, trockener Sand, friſche Schlacken, ganz trockener und reiner Bauſchutt, Kieſelguhr. Am beſten für Füllzwecke empfiehlt *Hartig* gewaſchenen Kies, während er vor der Verwendung von Steinkohlenlöſche geradezu warnt. Kies wird in kürzeſter Zeit trocken, während Steinkohlenlöſche außerordentlich langſam Waſſer abgibt. Ferner ſoll nur geſundes, kerniges, nicht außer der Fällzeit geſchlagenes, gut ausgetrocknetes Bauholz [141]) verwendet werden. Lagerhölzer und Balken der Fußböden ſollen auf Steinunterlagen ruhen, und da, wo Feuchtigkeit nicht ganz fernzuhalten iſt, ſollen dunkle, dem Luftzug nicht zugängliche Stellen vermieden werden.

Weiterer Maßregeln zur Verhütung des Hausſchwammes wird noch in Teil III, Band 2 (Heft 1 bis 4) und 3 dieſes „Handbuches" (bei Betrachtung der Wand-, Decken- und Fußbodenkonſtruktionen) gedacht werden.

22[illegible]. Vertilgung des Hausſchwammes.

Das Vorhandenſein des Hausſchwammes erkennt man an ſeinem eigentümlichen ſcharfen Geruch und an dem Umſtand, daß das vom Schwamme angegriffene Holz ſich beim Anſchlagen durch einen dumpfen Klang zu erkennen gibt. Zu ſeiner Vertilgung muß an der Stelle, wo er ſich zeigt, das Fundament freigegraben, die Ausfüllung entfernt und der Platz abgeſchloſſen werden; die Fugen des Mauerwerkes müſſen ſorgfältig ausgekratzt und alle vom Schwamme ergriffenen oder die verdächtigen Teile desſelben herausgenommen und durch neue erſetzt werden. Das ſorgfältigſte Entfernen der Sporen oder Samen kann hierbei nicht dringend genug anempfohlen werden [142]). Sodann verfahre man ſo, wie oben zur Verhütung des Schwammes beſchrieben iſt, und gebe dem Holzwerk und den vorher angegriffenen Stellen des Mauerwerkes einen Anſtrich oder Überzug mit einem wirkſamen Schutzmittel.

Die Mehrzahl der Mittel, welche zur Bekämpfung des Schwammes Anwendung gefunden, haben ſich indes noch nicht genügend bewährt. Für unbewohnte Räume hat man vorgeſchlagen, die angegriffenen Teile des Holzes mit einer Miſchung von Queckſilber-Sublimat und heißem Kalkwaſſer zu beſtreichen, vor der aber, weil ſehr giftig, zu warnen iſt. Andere für die Geſundheit unſchädliche Mittel ſind: Beſtreichen des Holzes mit einer konzentrierten Kochſalzlöſung, mit einer Löſung von Kupfer- und Eiſenvitriol, mit Chlorzink, mit Petroleum, mit einem Teerüberzug uſw. Ferner ſollen ſich bewährt haben: das *Kaſtner*'ſche Mittel (200 ^{l} Torfaſche, 20 ^{l} Salz und 0,5 ^{kg} Salmiak mit kochendem Waſſer bis zur Sättigung gemiſcht und zu einem Brei gerührt), das Mykothanaton von *Vilain & Co.* [143]), *Zerener*'s Antimerulion [144]) und das Antinonnin. Alle dieſe Stoffe ſollen die organiſchen Gebilde zerſtören und zugleich verhindern, daß ſich eine erneute Vegetation bilde.

Zickes empfiehlt folgende Antiſeptika, welche gegen den Hausſchwamm Anwendung gefunden haben. Das Holz ſoll mit denſelben entweder wiederholt beſtrichen werden, oder, was vorzuziehen iſt, das Holz ſoll durch Einlegen in Tröge, welche die antiſeptiſchen Löſungen enthalten, imprägniert werden. Die Dauer einer ſolchen Applikation ſoll 24 Stunden betragen, wobei die meiſten Subſtanzen erfahrungsgemäß bis 6 ^{mm} eindringen, was vollkommen zum Schutze der tieferliegenden Holzteile genügt. In geeigneten Apparaten kann die Imprägnierung, wie dies bei Eiſenbahnſchwellen, Telegraphenſtangen in großem Maßſtab geſchieht, auch unter Druck vorgenommen werden. Als gut werden Kreoſotöl, Antimon in 2-, Antigeormin in 2-, Antipolypin in 5- bis 10-, Fluß- und Kieſelfluor-Waſſerſtoffſäure in 5-, Sublimat in 1-prozentiger Löſung bezeichnet. Am

[141]) Von den Nadelhölzern iſt die Fichte am meiſten, die Lärche am wenigſten dem Hausſchwamm unterworfen.

[142]) Siehe: Deutſche Bauz. 1876, S. 310.

[143]) Über deſſen Zuſammenſetzung ſiehe: Deutſche Bauz. 1876, S. 532.

[144]) Von *Guſtav Schallehn*, chemiſche Fabrik in Magdeburg u. Wien.

billigften unter diefen Mitteln ftellt fich Fluß- und Kiefelfluor-Wafferftofffäure. Weniger günftig haben fich erwiefen: Mikrofol, Karbolineum und Solutol. Als unwirkfam find zu erwähnen: Formalin, fonft ein ausgezeichnetes Mittel, aber hier nicht zu verwenden, da es zu flüchtig ift, ferner Antimerulin, Mykothanaton, Steinkohlenteer, Kupferfulfat und Eifenvitriol.

Die oben befchriebenen Einrichtungen zum Zweck kräftigen Luftumlaufes und Entziehen der Feuchtigkeit find indes zurzeit, wenn nicht als die einzigen, fo doch als die wirkfamften und unter allen Umftänden zur Vertilgung des Hausfchwammes notwendigen anzufehen.

Literatur

über „Schwamm“ und „Schwammvertilgung“.

BOURWIEG. Abhandlung über den Hausfchwamm. Stettin 1827.

BÜHLER. Der laufende Schwamm in Gebäuden, feine Entftehung und Vertilgung. Stuttgart 1845.

PÖTZSCH, E. Einiges über den Hausfchwamm. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1854, S. 147.

WEISHAUPT, O. Verhütung des Hausfchwammes durch eine Luftcirculations-Vorrichtung. Zeitfchr. f. Bauw. 1858, S. 91, 295.

FEGEBEUTEL, A. F. Die Ventilationsdrainage für fchwammhaltige Gebäude als ficherftes Mittel zur gänzlichen Vertilgung und Vertreibung des Hausfchwammes. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1860, S. 145.

Referat über eine Abhandlung über den Hausfchwamm von FEGEBEUTEL. Zeitfchr. f. Bauw. 1861, S. 313.

EMMICH. Ueber die Entftehung und Bildung des Hausfchwammes, fowie über die Mittel zur Verhütung und Vertilgung desfelben. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1861, S. 5.

AMMON. Ueber das Wefen des Haus- oder Thränenfchwamms, und über die Mittel, ihn zu verhüten. Zeitfchr. f. Bauw. 1865, S. 339.

FRITZSCHE, H. Vollftändige Abhandlung über den Hausfchwamm. Preisfchrift. (Mittheilungen des fächfifchen Ingenieur-Vereines. Heft 4.) Dresden 1866.

BÜHLER, E. Mittel zur Vertilgung des Hausfchwammes. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1868, S. 121.

SCHMID. Ueber Maßregeln zur Vertilgung des Hausfchwammes. Zeitfchr. d. Bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1869, S. 11.

ROTHGANGEL. Ueber Verhütung des Hausfchwammes. Zeitfchr. d. Bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1869, S. 52.

Ueber Hausfchwamm. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1869, S. 136.

DORN, P. Der Holz- oder Gebäudefchwamm. Belehrungen über die Entftehungsurfachen, Lebensbedingungen, fichere Verhütung und nachhaltige Vertilgung diefes fchädlichen Pilzes. 2. Ausg. Weimar 1870.

Ueber die Befeitigung und Verhütung des Hausfchwammes. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1872, S. 11.

SCHULTZE, G. A. Der Hausfchwamm etc. Berlin 1877.

LEUCHS, J. C. Der Haus- oder Holzfchwamm und die Mittel zur Befeitigung und Verhütung der Entftehung desfelben. 4. Aufl. Nürnberg 1877.

Hausfchwamm. Deutfche Bauz. 1867, S. 300, 373 u. 411; 1875, S. 420; 1876, S. 251, 310 u. 530; 1877, S. 434 u. 484.

Der Hausfchwamm. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1875, S. 157 u. 187.

Ueber den Häuferfchwamm und deffen Bekämpfung. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1877, S. 149.

Mittel gegen den Hausfchwamm. Deutfche Bauz. 1878, S. 301.

BROSI, U. Der Hausfchwamm. Eifenb., Bd. 5, S. 162, 169, 178, 182.

ENGEL, W. Ueber Holzfchwamm. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1879, S. 29.

BURESCH, E. Der Schutz des Holzes gegen Fäulniß und fonftiges Verderben. Dresden 1880.

MÖDER. Ueber die Entftehung, Fortpflanzung und Vertilgung des Holz-, Haus- und Mauerfchwammes. Düffeldorf 1881.

KEIM, A. W. Die Feuchtigkeit der Wohngebäude, der Mauerfraß und Holzfchwamm etc. Wien 1882. 2. Aufl. 1901.

GOELDNER, G. Der Hausfchwamm und feine nachhaltige Verhütung etc. Bromberg 1885.

GÖPPERT, H. R. Der Hausfchwamm etc. Nach deffen Tode herausg. u. verm. von TH. POLECK. Breslau 1885.

ZIKES, H. Ueber Hausfchwamm, Merulius lacrymans, und andere holzzerftörende Pilze. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1903, S. 145.

6. Kapitel.

Eifen und Stahl.

Von Dr. EDUARD SCHMITT.

a) Allgemeines.

223. Eifen als Bauftoff.

Unter allen Metallen fpielt das Eifen in der Gefchichte der Kultur weitaus die wichtigfte Rolle. Es gibt keinen Zweig menfchlichen Schaffens, welcher nicht von der Anwendung des Eifens neue Impulfe zum Fortfchritt gefchöpft hätte, und gerade unfere Zeit verdankt in der fo gewaltigen Ausdehnung der Anwendung des Eifens diefem Metall ihr Gepräge.

Bis weit in das vorige Jahrhundert hinein galten Stein und Holz unbeftritten als die wichtigften Bauftoffe. Erft feit mehreren Jahrzehnten hat fich ein drittes Material, das Eifen, diefen beiden zugefellt und, mit ungeahntem Erfolge vordringend, die erften beiden aus immer weiteren Gebieten des Bauwefens verdrängt. Während diefes Metall in früheren Jahrhunderten nur zu Hilfskonftruktionen, zu gefchmiedeten Ankern, zu Klammern, als Ausbaumaterial ufw. verwendet wurde, gelang es fpäter, größere Bauteile, wie Säulen, Träger ufw. zu gießen. Deffenungeachtet blieb die Benutzung des Eifens eine befchränkte. Erft durch die Erfindung der Walztechnik eröffnete fich diefem Bauftoff ein weiteres Gebiet. Die bedeutende und gleichwertige Zug- und Druckfeftigkeit des Walzeifens begünftigte feine Benutzung zu Trägern, denen im Laufe der Zeit alle zu unferen mannigfaltigen Eifenkonftruktionen erforderlichen Profileifen folgten. Die Feftigkeit, die leichte Geftaltungsfähigkeit und die verhältnismäßige Billigkeit des Eifens führten zu immer weiteren und kühneren Verfuchen, bis gegenwärtig kaum ein bauliches Werk von einiger Bedeutung ohne diefen Bauftoff denkbar ift[145]).

224. Verwendung.

Als Konftruktionsmaterial findet das Eifen vor allem für diejenigen Teile unferer Hochbauten Verwendung, welche diefelben nach oben begrenzen, alfo für Decken und Dächer. In allen Fällen, wo weitgefpannte Räume zu überdecken oder zu überdachen find und wo dies mit Holz gar nicht oder nicht mit der genügenden Einfachheit zu bewirken ift, tritt das Eifen als geeigneter Bauftoff auf. Es wird aber auch dann mit Recht und mit Erfolg benutzt, wenn man die Menge unmittelbar verbrennlicher Stoffe tunlichft herabmindern will.

Allein auch für diejenigen Bauteile, welche die durch unfere Bauwerke gefchaffenen Innenräume nach der Seite begrenzen, für die Wände, findet das Eifen immer ausgedehntere Anwendung. Hauptfächlich find es die Eifen-Fachwerkbauten und die aus Eifen und Glas hergeftellten Hallenbauten, Pflanzenhäufer ufw., deren konftruktives Gerippe aus diefem Material hergeftellt wird; eine große Rolle fpielt es bei den immer mehr zur Anwendung kommenden Eifen-Beton-Konftruktionen, nicht fehlt es an Ausführungen, bei denen die Wände ganz aus Eifen, ohne Zuhilfenahme eines anderen Ausfüllungsftoffes ufw., konftruiert find.

Von hoher Bedeutung ift weiters das Eifen für die Konftruktion von Säulen und anderen Freiftützen, welche die Decken und Dachftühle zu tragen haben, und zwar in allen Fällen, wo diefe Stützen nicht in Stein oder Holz ausgeführt werden können oder wo man aus irgendwelchen Gründen von diefen Bauftoffen abfehen will.

Eine ungemein mannigfaltige Benutzung finden Eifen und Stahl als Ausbaumaterial und für gewiffe Nebenteile unferer Bauwerke, wie Konfolen, Laternen-

[145]) Nach: Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 30.

pfosten, Brunnenrohre usw. Es ist in diesen Fällen, namentlich für die erstgedachten Zwecke, geradezu unentbehrlich geworden.

225. Dauer.

Seit das Eisen in nennenswertem Umfange zu Bauzwecken Verwendung gefunden hat, sind etwa 80 Jahre verflossen. Die in diesem Zeitraume gesammelten Erfahrungen genügen nicht, um darnach zu beurteilen, wie sich das Eisen als Baustoff für Monumentalbauten bewähren wird. Die Anforderungen, die an einen solchen Baustoff gestellt werden müssen, sind Feuersicherheit, Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse und verhältnismäßig nicht zu hoher Preis. Durch verschiedene Brandfälle ist genügend festgestellt, daß Eisenkonstruktionen nur dann als feuersicher gelten können, wenn sie durch eine Umhüllung mit feuerfesten, schlechten Wärmeleitern geschützt sind. Das Eisen steht sonach in dieser Beziehung gegen den Stein zurück und hat vor dem Holz nur den Vorzug, daß es nicht selbst brennt, was allerdings für Hallenbauten und dergl. von großer Bedeutung ist. Unverhüllte Eisenkonstruktionen, besonders solche mit Nietverbindungen, können bei einer Feuersbrunst infolge ihrer Längenänderung das Mauerwerk zerstören und zu einem schwer entwirrbaren Knäuel verbrennen, dessen Beseitigung lebensgefährlich werden kann, jedenfalls aber bedeutende Kosten verursacht, während das geborgene Eisen nahezu wertlos ist.

Im übrigen hängt die Dauer der Eisenkonstruktionen fast ausschließlich von den Vorsichtsmaßregeln ab, die gegen das Rosten angewendet werden. Das am meisten angewendete Mittel besteht in einem Ölfarbenanstrich, der stets sehr sorgfältig unterhalten werden muß. Schon aus der Tatsache, daß das Eisen einer ständigen Unterhaltung und Bewachung bedarf, geht hervor, daß die Eisenbauten nicht in dem Maße für monumental gelten können wie gut konstruierte Steinbauten. Ein solcher Anstrich oder ein anderes Schutzmittel ist nicht allein für Bauten, die dem Wetter ausgesetzt sind, erforderlich, sondern auch für Innenkonstruktionen, namentlich für die Dachstühle. Wenn letztere auch durch die Dachdeckung den Einwirkungen des Wetters entzogen sind, so sind sie desto mehr dem Schwitzwasser ausgesetzt [146]).

226. Benennungen.

Die Folge der riesigen Entwickelung in der Eisenindustrie, insbesondere seit Beginn der sechziger Jahre des vorigen Jahrhunderts, war, daß in den Benennungen der verschiedenen Hüttenerzeugnisse immer größere Schwankungen und Verschiebungen eintraten. Die ursprüngliche Unterscheidung in Gußeisen, Schmiedeeisen und Stahl entsprach dem Stande der Eisenhüttentechnik zu jener Zeit, der diese Bezeichnungen ihren Ursprung verdanken; sie gerieten in das Schwanken, als der schmiedbare Guß, der Gußstahl und das *Bessemer*-Eisen hervortraten. Insbesondere war es der Begriff „Stahl", der den verschiedenartigsten Auffassungen unterlegen hat. Bald verstand man unter Stahl das gegossene und schmiedbare Metall, unter Eisen das nicht gegossene und schmiedbare Metall, unter Guß- und Roheisen das gegossene und nicht schmiedbare Metall. Bald war die Härtbarkeit das maßgebende Unterscheidungsmerkmal, und man nannte Stahl ein kohlenstoffhaltiges Eisen, welches die Eigenschaft besitzt, sich härten zu lassen. Bald war das Fabrikationsverfahren ausschlaggebend, und man sprach von Ingot-Metall, wenn das Eisen aus einem Gusse hervorging, und von Packetmetall, wenn es aus einzelnen Stäben oder Packeten hergestellt wurde usw. Hierzu kam noch die Verschiedenartigkeit der Benennungen in den verschiedenen Sprachen.

Der letztere Umstand, sowie die durchgreifenden Veränderungen, welche die Erzeugung besonderer Sorten von kohlenstoffhaltigem Eisen durch Erfindung des

[146]) Nach: Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 30.

Beſſemer- und des *Martin*-Verfahrens erlitt, machten neue, die Art der Herſtellung und die Beſchaffenheit des Erzeugniſſes kennzeichnende Benennungen notwendig. Gelegentlich der Weltausſtellung zu Philadelphia (1876) wurde ein internationales Komitee von bekannten Fachmännern gebildet, welches beſtimmte Bezeichnungen für die verſchiedenen Gattungen von Eiſen und Stahl aufſtellte und dieſelben zur allgemeinen Anwendung empfahl.

Hiernach ſoll es ſechſerlei Arten von Eiſen und Stahl geben, die ſich auf Grund ihrer Herſtellungsweiſe wie folgt ordnen:

1) Roheiſen, unmittelbar aus dem Hochofen hergeſtelltes Eiſen;
2) Gußeiſen, ungeſchmolzenes Roheiſen;
3) Schweißeiſen, umfaßt: Renneiſen, Herd-Friſcheiſen, Puddeleiſen, geſchweißtes Packeteiſen, überhaupt Schmiedeeiſen und Walzeiſen;
4) Schweißſtahl, umfaßt: Rennſtahl, Herd-Friſchſtahl, Puddelſtahl, Zementſtahl, Gärbſtahl;
5) Flußeiſen, umfaßt: *Beſſemer*-Eiſen, Flammenofen-Flußeiſen oder *Siemens-Martin*-Eiſen, und
6) Flußſtahl, umfaßt: *Beſſemer*-Stahl, Flammenofen-Flußſtahl oder *Siemens-Martin*-Stahl, Gußſtahl (in Tiegeln umgeſchmolzener Stahl [147]).

Dieſe Benennungen wurden nicht allgemein angenommen; insbeſondere wurde bezüglich der Bezeichnung „Stahl" in England und Nordamerika eine Einheitlichkeit nicht erzielt.

Einen weiteren bedeutenden Einfluß auf die in Rede ſtehenden Beſtrebungen hatten verſchiedene neuere Erzeugungsarten von Eiſen und Stahl, namentlich die ſeit 1880 erfolgte Umwälzung auf dem Gebiete der Flußeiſendarſtellung. Hierdurch mußten manche Bezeichnungen für die Hüttenerzeugniſſe, welche früher allgemein üblich und bei denen Mißverſtändniſſe ausgeſchloſſen waren, veralten; namentlich betrifft dies die Benennung „Schmiedeeiſen", unter der man früher nur Puddel- oder Schweißeiſen verſtand.

227. Neuere Benennungen.

Gegenwärtig hat man vor allem Roheiſen und ſchmiedbares Metall (Schmiedeeiſen und Stahl) zu unterſcheiden. Letzteres kann vermöge ſeiner Geſchmeidigkeit und Dehnbarkeit durch mechaniſche Hilfsmittel in verſchiedene Formen gebracht werden; Geſchmeidigkeit und Dehnbarkeit ſind ſelbſt bei gewöhnlicher Temperatur innerhalb gewiſſer Grenzen vorhanden; ſteigern ſich aber bei höheren Wärmegraden. Das Roheiſen enthält infolge ſeiner Herſtellung aus den Erzen eine größere Menge von fremden Beſtandteilen, und zwar in ſolchem Grade, daß die Geſchmeidigkeit verloren gegangen iſt; ſoll es deshalb in andere Formen gebracht werden, ſo iſt dies nur in geſchmolzenem Zuſtande möglich.

Beſonders iſt es der Gehalt an Kohlenſtoff, der dieſe Verſchiedenheiten hervorruft. Nimmt der Gehalt an Kohlenſtoff zu, ſo nehmen Geſchmeidigkeit und Dehnbarkeit ab; hingegen wächſt die Schmelzbarkeit. Roheiſen enthält mehr als 2,3 Vomhundert Kohlenſtoff, ſchmiedbares Metall hingegen 2,3 Vomhundert und weniger.

Der Gehalt an Kohlenſtoff bedingt beim ſchmiedbaren Metall auch, ob es ſich härten läßt oder nicht. Dieſe Eigenſchaft iſt bei einem Gehalt von 0,6 bis 2,3 Vomhundert vorhanden, ſobald man es auf etwa 500 Grad C. erwärmt und dann raſch abkühlt (in Waſſer, Öl uſw.). Derart härtbares Metall, welches größere

---

[147]) Die techniſche Kommiſſion des Vereins deutſcher Eiſenbahnverwaltungen hat auf der Generalverſammlung des letzteren dieſe Benennungen zur Annahme beantragt und folgende fremdſprachliche Bezeichnungen empfohlen:

	Engliſch:	Schwediſch:	Franzöſiſch:	
			Im Geſchäftsverkehr:	Wiſſenſchaftl. Bezeichnung:
für Roheiſen:	*Pig iron*	*Tackjern*	*Fonte brute*	*Fonte de première fuſion*
für Gußeiſen:	*Caſt iron*	*Gjutjern*	*Fonte moulée*	*Fonte de deuxième fuſion*

Sprödigkeit aufweift, heißt **Stahl**; das nicht härtbare, dafür aber gefchmeidige und zähere Eifen wird hingegen **Schmiedeeifen** genannt.

Chemifch reines Eifen wäre technifch unbrauchbar.

Dem Gefagten entfprechend werden im nachftehenden die verfchiedenen Eifenforten in folgender Weife gruppiert werden:

1) Roheifen;
2) Schmiedeeifen: α) Schweißeifen,
β) Flußeifen;
3) Stahl: γ) Schweißftahl,
δ) Flußftahl.

228. Vergleichende Wertbeftimmung.

Neben den im vorftehenden gekennzeichneten Beftrebungen nach einheitlicher Bezeichnung der verfchiedenen Hüttenerzeugniffe läuft feit einigen Jahrzehnten das weitere Beftreben her, die verfchiedenen Eifengattungen nach ihrer Güte oder ihrem Gebrauchswerte durch Vergleichung ftufenweife zu ordnen. Man hat dabei die Eigenfchaften der Feftigkeit und Zähigkeit als Grundlage benutzt, obwohl bei der Verwendung des Eifens die Eigenfchaften der Härte, der Schmiedbarkeit und der Schweißbarkeit gleichfalls eine nicht unerhebliche Rolle fpielen. Insbefondere ging das Beftreben dahin, den Wert einer beftimmten Eifenforte wenn möglich durch eine einzige Ziffer, **Qualitätskoeffizient** oder **Wertziffer** genannt, auszudrücken.

Allen diefen Wünfchen, insbefondere den an letzterer Stelle angeführten Beftrebungen, ftehen große, zum Teile unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen, weil die Anfchauungen darüber, in welcher Art und Weife die Feftigkeitsproben vorgenommen werden follen, fehr geteilt find und weil hierüber auch nicht fo leicht eine Einigung zu erzielen fein wird; namentlich werden die Gefichtspunkte, von denen einerfeits diejenigen ausgehen, welche das Eifen verbrauchen, und andererfeits die Standpunkte der Eifenhüttenleute naturgemäß nicht in allen Einzelheiten übereinftimmen.

Schon darüber, was als Maß der Zähigkeit zugrunde gelegt werden foll, gehen die Anfchauungen auseinander. Die einen wollen hierfür die bei Zug- oder Zerreißproben fich ergebende Einfchnürung am Zerreißungsquerfchnitt als maßgebend angefehen wiffen; andere betrachten die Dehnung, alfo die Längenänderung beim Zerreißen, als ausfchlaggebend. Im erften Falle wird die Wertziffer durch das Produkt:

Zugfeftigkeit (für 1^{qcm}) $\times$ Einfchnürung (in Prozenten des urfprünglichen Querfchnittes),

im zweiten Falle durch das Produkt:

Zugfeftigkeit (für 1^{qcm}) $\times$ Dehnung (in Prozenten der urfprünglichen Länge) ausgedrückt [148]).

---

[148]) Aus der umfangreichen Literatur über den in Rede ftehenden Gegenftand fei hervorgehoben:

WÖHLER, A. Die Claffification von Eifen und Stahl. Deutfche Bauz. 1876, S. 447.

MARTENS, A. Gedanken über die Frage der Claffification von Eifen und Stahl. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1879, S. 337.

TETMAYER, L. Zur Frage der Qualitätsbeftimmung zäher Conftructionsmetalle. Eifenb., Bd. 16, S. 109.

MÜLLER. Wird die Zähigkeit durch die Dehnung oder durch die Lokal-Kontraktion eines zerriffenen Probeftabes gemeffen? Stahl u. Eifen 1882, S. 100.

Einheitliche Nomenclatur und Claffification von Bau- und Conftructionsmaterialien. Theil I: Eifen und Stahl. Herausgegeben durch den fchweiz. Ingenieur- und Architecten-Verein. Hottingen-Zürich 1883.

WÖHLER. Die Claffification von Eifen und Stahl und der Verein deutfcher Eifenhüttenleute. Stahl u. Eifen 1883, S. 178, 258, 306.

KUPELWIESER, F. Ueber die neueren Fabrikations-Methoden für Eifen und Stahl, über Qualitäts-Eigenfchaften und Erprobung diefer Materialien. Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1883, S. 187, 191.

KROHN. Beitrag zur Frage der Werthziffern für Konftruktions-Materialien. Civiling. 1884, S. 369.

Der erste hervorzuhebende Schritt auf dem eben berührten Wege geschah durch die „Denkschrift über die Einführung einer staatlich anerkannten Klassifikation von Eisen und Stahl. Überreicht von der technischen Kommission des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen in der Generalversammlung des Vereins am 19. und 20. Juli 1877“. Die darin enthaltenen Grundzüge wurden in der ein Jahr später veröffentlichten „Denkschrift über die Einrichtung von Prüfungs-Anstalten und Versuchs-Stationen von Baumaterialien, sowie über die Einführung einer staatlich anerkannten Klassifikation der letzteren. Herausgegeben durch den Verband deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine. Berlin 1878“ aufgenommen. In beiden Denkschriften wurden an Stelle der früher bestandenen Schlag-, Bieg- und Belastungsproben Zerreißproben gesetzt und als Maß der Zähigkeit die Einschnürung an der Zerreißstelle zugrunde gelegt. Hierdurch wurde der Widerspruch des „Vereins deutscher Hüttenleute“ hervorgerufen, der durch eine besondere Kommission sich 1881 dahin aussprach, daß man die Zähigkeit von Eisen und Stahl sicherer durch Schlag- und Biegeproben erkennen könne und daß die Dehnung beim Zerreißen ein zutreffenderes Maß für die Zähigkeit sei als die Einschnürung.

Auch die 1884 auf *Bauschinger's* Vorschlag in München abgehaltene Konferenz von Fachmännern behufs Vereinbarung einheitlicher Methoden für die Prüfung von Bau- und Konstruktionsmaterialien beschäftigte sich mit dem in Rede stehenden Gegenstand [149]), ebenso die gleichnamige Konferenz des Jahres 1886 zu Dresden; die gefaßten Beschlüsse wurden durch eine Redaktionskommission in einer besonderen Schrift niedergelegt.

Im Jahre 1886 wurden vom Verbande deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine, unter Mitwirkung des Vereins deutscher Ingenieure und des Vereins deutscher Hüttenleute „Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken- und Hochbau (Hamburg 1886 [150])“ aufgestellt, die sich indes nur auf Schweißeisen bezogen. Später wurde von den beiden erstgedachten Vereinen ein Entwurf ausgearbeitet, der auch das Flußeisen in Rücksicht zog; der Verein deutscher Hüttenleute trat demselben 1892 bei. (Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken- und Hochbau, aufgestellt von dem Verbande deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine, dem Vereine deutscher Ingenieure und dem Vereine deutscher Hüttenleute. 2. Aufl. Hamburg 1893.) Die Bestimmungen dieser gegenwärtig maßgebenden „Normalbedingungen“ werden im nachfolgenden, soweit es der Zweck des vorliegenden Kapitels erheischt, angeführt werden [151]).

229. Roh- und Gußeisen.

Roheisen ist das Erzeugnis des Hochofens; es ist leicht schmelzbar, aber nicht schmiedbar. Das umgeschmolzene Roheisen heißt Gußeisen.

Das Gußeisen, in der ersten Zeit der Eisenkonstruktionen vorwaltend und oft mit Verschwendung an Material zu Dachstühlen, Säulen und ganzen Gebäuden verwendet, verlor allmählich an Bedeutung, als man die Walzeisenerzeugung immer mehr ausbildete und die für Beanspruchung auf Zug viel günstigeren Festigkeits- und Elastizitätsverhältnisse des Schmiedeeisens zu bestimmen und auszunutzen lernte. Dessenungeachtet wird auch gegenwärtig das Gußeisen noch vielfach und mit Vorteil als Konstruktionsmaterial verwendet, wenn es sich um Bauteile handelt, die eine ruhende Belastung zu tragen haben und im wesentlichen nur auf Druckfestigkeit beansprucht werden, wie Säulen, Konsolen usw. In solchen Fällen schätzt man die Billigkeit und Leichtigkeit in der Herstellung solcher gußeiserner Konstruktionen, bisweilen auch seine größere Widerstandsfähigkeit gegen das Rosten, die von der dichten aus Eisen-Oxiduloxid bestehenden Gußhaut herrührt.

Die Leichtigkeit und Billigkeit der Herstellung von Gußkörpern machen das Gußeisen auch besonders geeignet zu Wasserleitungs- und Abortrohren, zu

---

ZETSCHE. Contraction oder Dehnung? etc. Civiling. 1884, S. 646.

Zur Classification von Eisen und Stahl. Civiling. 1885, S. 83, 148.

Einheitliche Benennungen von Eisen und Stahl. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 290.

Grundzüge einer einheitlichen Benennung für Eisen und Stahl. Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1893, S. 276.

[149]) Siehe: BAUSCHINGER, J. Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der K. technischen Hochschule in München. Heft 14. München 1886. S. 55 ff.

[150]) 7. Aufl. 1902.

[151]) Die in Amerika maßgebenden einheitlichen Lieferungsbedingungen für Eisen und Stahl sind zu finden in: *Engng.*, 1900–II, S. 281, 381.

Dachfenstern und Dachziegeln, zu Treppenstufen und Belagplatten, zu Öfen, zu ornamentierten Geländerstäben, zu Laternenpfählen usw.

230. Schmiedeeisen.

Unter Schmiedeeisen versteht man heute nicht mehr, wie früher, bloß das Puddeleisen, sondern man begreift darunter sowohl Schweißeisen, als auch Flußeisen. Gegenwärtig darf man wohl allgemein die Bezeichnung „Flußeisen" als Gattungsname für alles im flüssigen Zustande (nach dem *Bessemer-*, *Thomas-* oder *Martin*-Verfahren) hergestellte schmiedbare Eisen anwenden; „Schweißeisen" hingegen ist das im teigigen Zustande (durch das Herdfrisch- oder das Puddelverfahren) hergestellte schmied- oder schweißbare, aber nicht merklich härtbare Eisen.

Schmiedeeisen pflegt man wohl auch Stabeisen zu nennen, weil es in der Regel in Form von Stäben in den Handel gebracht wird; indes hat die Bezeichnung „Stabeisen" häufig auch eine andere Bedeutung (siehe unter c, 1).

Das Schmiedeeisen kommt in außerordentlich mannigfachen Formen und Arten zur Verwendung und gibt wegen der Vervollkommnung des Walzverfahrens und wegen der genaueren Kenntnis der günstigsten Profile für die verschiedensten Zwecke eine große Reihe von Handelssorten als Elemente der Eisenkonstruktionen. Der Zusammenhang der Form des Querschnittes mit der Elastizität und Festigkeit wird im nächsten Heft (Statik der Hochbaukonstruktionen) dieses „Handbuches" und die Wahl der passendsten Eisensorten im III. Teile dieses „Handbuches" (Hochbaukonstruktionen) abgehandelt werden; hier werden nur die im Handel vorkommenden verschiedenen Eisenerzeugnisse selbst zu besprechen sein.

Es ist für den Eisenkonstrukteur von großer Wichtigkeit, die von den Fabriken im großen für den Vorrat hergestellten Handelssorten zu kennen; andererseits müssen die Handelssorten den Anforderungen der größten Tragfähigkeit bei günstigster Form und geringstem Materialaufwand entsprechen, sowie bequeme, in möglichst einfacher Steigerung zunehmende Abmessungen aufweisen. Form und Abmessungen der Handelssorten werden noch durch technische, die Beschaffenheit besonders des Walzeisens betreffende Rücksichten mitbestimmt. Aus diesen Gründen hat man schon früh sog. Lehren und Normalabmessungen festgesetzt, und seit längerer Zeit strebt man allgemein, besonders in Deutschland, dahin, für alle Sorten „Normalprofile" aufzustellen, weil nicht nur die Konstruktion selbst erleichtert wird, sondern insbesondere der Preis und die Güte der Ware dadurch gewinnt.

231. Stahl.

Wie schon in Art. 226 (S. 237) ausgeführt wurde, soll alles schmiedbare Metall, welches sich härten läßt, Stahl genannt und nach früher Gesagtem Schweiß- und Flußstahl unterschieden werden.

Schweißstahl ist hiernach das im teigigen Zustande (durch das Herdfrisch- oder Puddelverfahren) gewonnene schmiedbare, merklich härtbare Metall, und unter Flußstahl ist, ähnlich wie beim Flußeisen, alles im flüssigen Zustande (nach dem *Bessemer-*, *Thomas-* oder *Martin*-Verfahren) hergestellte schmiedbare Metall zu verstehen, jedoch nur dann, wenn es merklich härtbar ist. Die Grenze der Härtbarkeit des Flußmetalls ist nicht feststehend; im allgemeinen beginnt sie bei einem Kohlenstoffgehalt desselben von etwa 0,25 Vomhundert.

Wegen dieser Unsicherheit in der Bestimmung der Härtefähigkeitsgrenze des Flußmetalls wird von mancher Seite empfohlen, als Unterscheidungsmerkmal zwischen Flußeisen und Flußstahl das Maß der Zugfestigkeit des Metalls zugrunde zu legen; hiernach soll alles Flußmetall, dessen Zugfestigkeit größer als 5000 ^{kg} für 1 ^{qcm} ist, den Namen „Flußstahl", alles übrige den Namen „Flußeisen" erhalten.

In der untengenannten Quelle [152]) wird es mit einem gewiffen Recht als wiffenfchaftlicher bezeichnet, wenn man im allgemeinen, ohne Rückficht auf den Härtegrad, immer nur von »Flußeifen« oder von »Flußmetall« fpricht, und daß man die Bezeichnung »Flußftahl« bloß dann gebraucht, wenn man ausdrücklich eine harte Sorte von Flußmetall befonders kennzeichnen will.

Genau läßt fich eine beftimmte Sorte Flußmetall nur dadurch kennzeichnen, wenn man gleichzeitig feine Erzeugungsart (*Beffemer-*, *Thomas-*, *Martin-* ufw. Verfahren), feinen Kohlenftoffgehalt, feine Zugfeftigkeit und feine fonftigen befonderen Eigenfchaften angibt.

Der Stahl [153]) wird im Hochbau als Konftruktionsmaterial verhältnismäßig nur felten angewendet; er kommt wohl nur für große Dachftuhlkonftruktionen in Frage. Seiner Benutzung für den inneren Ausbau ift fchon gedacht worden.

232. Eigenfchaften und Proben.

Diejenigen Eigenfchaften, welche bei der Verwendung des Eifens zu Baukonftruktionen hauptfächlich in Frage kommen, find nach *Mehrtens* [154]): Schmiedbarkeit, Dehnbarkeit, Härte, Härtbarkeit, Schweißbarkeit und Zähigkeit. Die Proben, welche die Erkenntnis diefer Eigenfchaften herbeizuführen beftimmt find, beftehen nach demfelben Fachmann in Befichtigungs-, mechanifch-technologifchen und chemifchen Proben.

Die Befichtigungsproben erfolgen durch den Augenfchein und mit Hilfe des Mikrofkops.

Die mechanifch-technologifchen Proben unterfcheidet *Mehrtens* als:

1) mechanifche oder Feftigkeitsproben, und zwar Zug-, Druck-, Biege-, Abfcherungs-, Verdrehungs- und Knickfeftigkeitsproben, und

2) technologifche oder Brüchigkeitsproben, und zwar Biege-, Stauch-, Ausbreit-, Schweiß-, Loch-, Härte- ufw. Proben.

Für den Konftrukteur find die Feftigkeitsproben von hervorragender Bedeutung. Man unterfcheidet dabei

α) Ganz- und Teilproben, je nachdem ungeteilte (ganze) Gebrauchsftücke oder abgetrennte Verfuchsftücke geprüft werden;

β) Kalt- und Warmproben, wobei letztere nur dann vorgenommen werden, wenn eine fpätere Bearbeitung im warmen Zuftande beabfichtigt wird, und

γ) Dauerproben, bei denen während längerer Zeit die Beanfpruchung des zu unterfuchenden Eifens ftattfindet.

Nach den »Normalbedingungen ufw.« find für die Beurteilung von zu Baukonftruktionen zu benutzendem Eifen und Stahl Zerreiß-, Biege- und Bearbeitungsproben maßgebend. Mit fichtbaren Fehlern behaftete Probeftäbe dürfen nicht verwendet werden.

»Die Stäbe für Zerreißproben find von dem zu unterfuchenden Eifen kalt abzutrennen und kalt zu bearbeiten. Die Wirkungen etwaigen Scherenfchnittes, fowie des Auslochens oder Aushauens find zuverläffig zu befeitigen. Ausglühen ift, wenn das Gebrauchsftück nicht ebenfalls ausgeglüht wird, zu unterlaffen.

Auf den Probeftäben ift die Walzhaut möglichft zu belaffen.

Die Probeftäbe follen in der Regel eine Verfuchslänge von 200 mm bei 300 bis 500 qmm Querfchnitt haben. Bei Rundftäben von weniger als 2 cm Durchmeffer ift die Verfuchslänge gleich dem 10-fachen Durchmeffer. Über die Verfuchslänge hinaus haben die Probeftäbe nach beiden Seiten noch auf je 10 mm Länge den gleichen Querfchnitt.

Wenn bei Ausführung der Probe der Bruch außerhalb des mittleren Drittels der Verfuchslänge des Stabes erfolgt, fo ift die Probe zu wiederholen, falls die Dehnung ungenügend ausfällt.

Die Zerreißmafchinen müffen leicht und ficher auf ihre Richtigkeit geprüft werden können.

Zu Biegeproben find Materialftreifen von 30 bis 50 mm Breite oder Rundeifenftäbe von einer der Verwendung entfprechenden Dicke zu benutzen. Die Probeftücke müffen auf kaltem Wege abgetrennt werden. Die Kanten der Streifen find abzurunden.«

---

[152]) Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 290.

[153]) Franzofen, Engländer und Amerikaner nennen alles im flüffigen Zuftande erzeugte fchmiedbare Eifen »Stahl« (*Acier*, bezw. *Steel*). Die weicheren Sorten (Flußeifen) heißt man in Frankreich *Acier doux*, feltener *Fer fondu* (meift nur in der Wiffenfchaft), oder *Acier extra doux*; in England und Amerika gebraucht man die Bezeichnungen *Soft fteel*, *Low fteel* und *Mild fteel*. Härtere Sorten von Flußmetall kennzeichnet man im Ausland, wenn erforderlich, durch den Zufatz *dur*, bezw. *hard*; in der Regel jedoch begnügt man fich mit der allgemeinen Bezeichnung *Acier*, bezw. *Steel*.

[154]) In: Handbuch der Baukunde. Abth. I, Bd. 2, Heft 1: Eifen und Eifenkonftruktionen etc. Von G. Mertens. Berlin 1887. S. 218.

233. Beimengungen und Verunreinigungen.

Wie bereits geſagt, bildet ein gewiſſer Gehalt an Kohlenſtoff die Bedingung für die techniſche Brauchbarkeit von Eiſen und Stahl. Ungeachtet ſorgfältigſten Vorgehens iſt es in den meiſten Fällen unmöglich, ein Material zu erzeugen, welches nicht noch andere Beimengungen enthält. Die wichtigſten derſelben ſind Mangan, Phosphor, Schwefel und Silicium. Ein Gehalt an Silicium iſt meiſt ohne Bedeutung; Mangan beeinflußt das Eiſen in der Regel in günſtiger Weiſe; beide Stoffe laſſen ſich auf ziemlich einfachem Wege aus dem Eiſen entfernen. Schwefel und Phosphor hingegen verſchlechtern das Material ſchon dann, wenn verhältnismäßig nur geringe Mengen davon vorhanden ſind; die Abſonderung dieſer beiden Stoffe aus dem Eiſen iſt mit Schwierigkeiten verbunden.

Der Gehalt an Phosphor befördert den Kaltbruch, tritt alſo namentlich bei der Bearbeitung des Eiſens bei niedrigen Temperaturen ſchädlich auf; der Phosphor beeinträchtigt namentlich den Stahl, weil ſein Einfluß mit zunehmendem Gehalt an Kohlenſtoff wächſt. Der Einfluß von Schwefel vergrößert ſich mit abnehmendem Gehalt an Kohlenſtoff und beeinträchtigt daher die Feſtigkeit des Schmiedeeiſens, insbeſondere bei Glühhitze, bei welcher der Rotbruch auftritt.

Aus den angegebenen Gründen iſt es leicht erklärlich, daß man ſeit langer Zeit brauchbare Verfahren ausfindig zu machen geſucht hat, um erforderlichenfalls das Eiſen vom Phosphor zu befreien. Neuerdings ſpielt die ſog. Entphosphorung des Eiſens eine große Rolle. Lange Zeit hindurch ſchien es, als ob die Abſcheidung des Phosphors aus dem Eiſen bei der Stahl- und Flußeiſendarſtellung nur im Flammenofen möglich, im Konverter dagegen unausführbar ſei, bis die Arbeiten von *Snelus, Richards, Thomas* und *Gilchriſt* bekannt wurden, wodurch die Einführung des baſiſchen Betriebes zur Entphosphorung beim *Beſſemer-* und beim *Martin*-Verfahren bewirkt wurde. Die Herſtellung weicheren Materials, welches in letzter Zeit vielfach verlangt wird, iſt hierdurch weſentlich erleichtert worden.

Die ſog. Blaubrüchigkeit des Schmiedeeiſens beruht in einer plötzlichen Steigerung der Sprödigkeit des Materials, wenn letzteres bei derjenigen Temperatur bearbeitet wird, bei der es blau anläuft (250 bis 300 Grad). Im Gegenſatze zu Kaltbruch oder Rotbruch, welche, wie eben gezeigt wurde, durch die Gegenwart von Phosphor, bezw. Schwefel bedingt werden, ſcheint die Eigenſchaft des Blaubruches allen Eiſenſorten anzugehören; wenigſtens fehlen bis jetzt die Ermittelungen, ob beſtimmte im Eiſen enthaltene Stoffe für dieſe Eigenſchaft maßgebend ſind.

234. Korn und Gefüge.

Der Gehalt an Kohlenſtoff bedingt auch zum großen Teil das Gefüge von Eiſen und Stahl. Die an der Bruchfläche ſichtbaren Eiſenkriſtalle bilden das Korn, und das kriſtallartige Gefüge wird körnig genannt. Die Korngröße nimmt mit einem Kohlenſtoffgehalt bis zu 2 Vomhundert ab, wächſt aber bei einem Kohlenſtoffgehalt von über 2 Vomhundert. Beimengung von Phosphor vergrößert das Korn; Silicium und Schwefel, ebenſo geringe Beimengungen von Mangan, Wolfram und Chrom machen das Korn feiner.

Je weniger Kohlenſtoff das ſchmiedbare Metall enthält, deſto leichter läßt es ſich in der Richtung einer Achſe ausſtrecken oder, wie man ſagt, in Sehne ausbilden. Nimmt der Kohlenſtoffgehalt zu, ſo verringert ſich die techniſche Möglichkeit, durch Bearbeitung Sehne zu bilden; bei einem Gehalt von etwa 0,6 Vomhundert iſt dieſe Möglichkeit nicht mehr vorhanden. Deshalb entſtehen in Stahlſorten von großem Kohlenſtoffgehalt beim Schmieden keine Sehnen [155].

Man war früher der Anſicht, daß durch lange andauernde, ſtoßartige Wirkungen das Gefüge des Eiſens geändert, namentlich daß es dadurch grobkörnig

155) Bezüglich näherer Einzelheiten ſei verwieſen auf: Die Eigenſchaften des ſchmiedbaren Eiſens, abgeleitet aus der mikroſkopiſchen Unterſuchung des Gefüges. Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1885, S. 572.

werde. Dies ist indes nicht der Fall; zahlreiche Versuche und Beobachtungen vermochten einen Nachweis dafür nicht zu liefern.

Ebenso ist die Anschauung, daß bei der fortgesetzten Beanspruchung einer tragenden Konstruktion innerhalb der gebräuchlichen Sicherheitsgrenzen ihre Festigkeit allmählich abnehme, in keiner Weise erwiesen.

Die Beurteilung von Eisen und Stahl bietet oft Schwierigkeiten, wenn sie nur auf Grund der ermittelten mechanischen und chemischen Eigenschaften erfolgen soll; ein ergänzendes Hilfsmittel ist durch die mikroskopische Untersuchung geboten.

Die Herstellung der für eine solche Untersuchung geeigneten Schliffe ist mit bedeutenden Schwierigkeiten verbunden, erfordert eigenartige Einrichtungen und Geräte, große Übung und Sachkenntnis des Anfertigers. Häufig stehen den Erzeugern und Verbrauchern des Metalls die nötigen Hilfsmittel nicht zu Gebote. Das Königl. Material-Prüfungsamt zu Groß-Lichterfelde-West bei Berlin besitzt eine besondere Abteilung für die Herstellung mikroskopischer Schliffe [156].

Zur Untersuchung mit dem Mikroskop kann auch noch das Ätzverfahren hinzutreten. Ätzt man mit Hilfe von Säuren die Oberfläche von Eisen oder Stahl, so werden lockere Stellen stärker als dichtere, kohlenstoffarme (weichere) stärker als kohlenstoffreiche (härtere) angegriffen. *Kick* dürfte das Ätzverfahren zuerst systematisch zur Erkennung verschiedener Eisensorten benutzt haben.

Weiches oder sehniges Schmiedeeisen von vorzüglicher Beschaffenheit wird durch Ätzung mit 1 Teil Salzsäure, 1 Teil Wasser und einer Spur Antimonchlorid vollkommen gleichmäßig angegriffen und bleibt licht und mattglänzend; Feinkorneisen wird etwas dunkler, aber auch höchst gleichförmig angegriffen. Grobkorneisen und kaltbrüchiges Eisen werden weit stärker geätzt; ein schwarzer Schlamm bedeckt die porig angefressene Ätzfläche. Schmiedbarer Eisenguß (getempertes Eisen) wird viel stärker zerfressen, und zwar ebenfalls ungleichförmiger als Schmiedeeisen. Puddelstahl und Zementstahl geben graue, sehr ähnlich aussehende Ätzflächen. *Bessemer-* und Gußstahl sind je nach dem Grade der Härte an den ganz gleichförmig aussehenden Ätzflächen dunkler oder lichter grau. Haarrisse treten stets scharf hervor. Roheisen zeigt als graues Gußeisen dunkelgraue, als weißes Gußeisen lichtgraue Ätzung; die Mittelsorten beider lassen die eingemengten Teilchen grauen Eisens deutlich erkennen. Im allgemeinen zeigt sich, daß Eisen, aus verschiedenen Sorten paketiert, stets jene Sorte stärker als gewöhnlich angegriffen zeigt, welche leichter ätzbar ist, und die schwerer angreifbare weit geringer, als wenn sie für sich geätzt wird.

235. Mechanisch-technologische Proben.

Um die Elastizitäts-, Festigkeits- und Zähigkeitsverhältnisse der verschiedenen Eisen- und Stahlsorten zu prüfen, bedient man sich der Festigkeits-Prüfungsmaschinen, Festigkeitsmaschinen kurzweg genannt. Man hat Universal-Festigkeitsmaschinen, unter denen vor allem die von *Werder* zu nennen ist, auf welchen man die gesamten in Rede stehenden Verhältnisse untersuchen kann, und einfachere Festigkeitsmaschinen, auf denen man nur gewisse Proben, z. B. Zugfestigkeitsproben usw., vorzunehmen in der Lage ist.

Konstruktion und Gebrauch solcher Maschinen zu beschreiben, geht über den Rahmen der vorliegenden Betrachtungen hinaus. Es sei nur auf das mehrfach genannte *Mehrtens*'sche Buch (S. 253 ff.) aufmerksam gemacht.

Zur Ausführung von Biegeproben können die größeren Universal-Festigkeitsmaschinen gleichfalls verwendet werden. Zur Prüfung kleinerer Stücke sind auch einfache mechanische Vorrichtungen, sog. Biegepressen, konstruiert worden.

236. Chemische Proben.

Chemische Proben werden meistens nur von den Hüttentechnikern vorgenommen; denselben ist indes, wenigstens nicht für sich allein, kein zu großer Wert beizumessen, weil es nach dem heutigen Stande der Technik nicht möglich ist, aus der Kenntnis der chemischen Eigenschaften allein einen sicheren Schluß auf die physikalischen zu ziehen und ebensowenig umgekehrt [157].

[156]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 170.
[157]) Siehe: MEHRTENS, a. a. O., S. 218.

237. Elaftizität.

Die Elaftizität von Eifen und Stahl ift bei den meiften Konftruktionen, die aus diefen Bauftoffen hergeftellt werden, von großer Wichtigkeit. Die Elaftizitätsziffer (-Koeffizient oder -Modul) ift bei verfchiedenen Gattungen derfelben Eifenart nicht fehr fchwankend; bei einer und derfelben Eifenkonftruktion (Decke, Dach ufw.) fchwankt fie nach *Winkler* in den einzelnen Teilen wohl nicht mehr als 5 bis 8 Vomhundert. Durch Strecken, Schmieden, Walzen und andere gewaltfame Verfahren bei nicht zu hoher Temperatur vermindert fich die Ziffer etwas. Der Kohlenftoffgehalt ift bei derfelben Art des Eifens, z. B. beim Stahl, nicht von großem Einfluß; der Gehalt an Phosphor verringert die Elaftizitätsziffer. Nach *Rudeloff* ift die Wärme auf die Feftigkeitseigenfchaften des Eifens von Einfluß [158]).

Die Elaftizitätsgrenze, die bei den verfchiedenen Sorten von Eifen und Stahl verfchieden ift, wird bei einer wiederholten Beanfpruchung, z. B. bei wiederholtem Durchbiegen, erhöht; durch Ausglühen kann die fo erhöhte Grenzziffer (-Koeffizient) wieder vermindert werden. Durch kalte Bearbeitung, wie Hämmern, Walzen ufw., wird die Elaftizitätsgrenze gleichfalls erhöht; durch Rotglühhitze und darauffolgendes Abkühlen im Waffer erhöht fich die Grenzziffer des Stahles und auch (obwohl in geringerem Maße) diejenige des Schmiedeeifens. Phosphorgehalt und zunehmender Kohlenftoffgehalt erhöhen die Elaftizitätsgrenze.

238. Gewicht.

Das Einheits- (fpezififche) Gewicht des Roheifens wechfelt (nach *Heinzerling*) zwifchen 6,61 und 7,79 und beträgt im Mittel 7,21; das Einheitsgewicht des Schmiedeeifens wechfelt zwifchen 7,3 und 7,9 und kann im Mittel zu 7,79 angenommen werden; das Einheitsgewicht des Stahls liegt zwifchen 7,40 und 8,10 und läßt fich durchfchnittlich zu 7,70 anfetzen. Nach dem „Deutfchen Bauhandbuch" betragen die Einheitsgewichte von Gußeifen 7,00 bis 7,50, Schmiedeeifen 7,60 bis 7,79, Eifendraht 7,60 bis 7,80, Zementftahl 7,26 bis 7,80, Frifchftahl 7,50 bis 7,80 und Gußftahl 7,80 bis 7,90. Nach dem „Deutfchen Normalprofil-Buch für Walzeifen" foll gegenwärtig das Einheitsgewicht des Flußeifens mit 7,85 zugrunde gelegt werden.

239. Ausdehnung durch Wärme.

Innerhalb der Temperaturfchwankungen, welche bei Hochbauten in Frage kommen, dehnt fich das Eifen proportional der Temperaturerhöhung aus. Die linearen Ausdehnungsziffern (-Koeffizienten für 1 Grad C.) betragen von Gußeifen, Schmiedeeifen und Stahl nach *Heinzerling* bezw. 0,0000132, 0,0000145 und 0,0000135. Nach *Mehrtens* ift die Ausdehnungsziffer des Schmiedeeifens zu 0,0000118 der urfprünglichen Länge anzunehmen und die Ausdehnung des Stahls durch die Wärme um etwa 8 Vomhundert größer als bei Schmiedeeifen anzufetzen. Die Ausdehnungsziffern des Eifens werden bis zu fehr hohen Wärmegraden von feinem Kohlenftoffgehalt nicht beeinflußt. Auf Längenänderungen infolge des Temperaturwechfels ift bei allen Eifenkonftruktionen mit nicht zu unterfchätzender Sorgfalt Rückficht zu nehmen.

240. Roft.

In vollkommen trockener Luft bleibt die Oberfläche des Eifens unverändert; Eifen hingegen, welches feuchter Luft ausgefetzt ift, bedeckt fich mit einem braunen Überzug, dem fog. Roft. Diefer befteht aus einem Eifenoxyd-Hydrat, dem bald mehr, bald weniger Eifenoxydul, meift auch etwas Kohlenfäure, beigemengt ift. Die Bildung des Roftes fetzt fich, wenn keine Vorkehrungen dagegen getroffen werden, ununterbrochen fort, indem das noch unberührte Eifen aus dem

[158]) Siehe: *Engng.* 1895–II, S. 186.

Roftüberzug und letzterer aus der umgebenden Luft Sauerftoff anzieht; dies geht folange fort, bis das gefamte Eifen vom Roft ergriffen (durchroftet) ift. Die Gegenwart von Säuren, namentlich Kohlenfäure und Salzfäure, begünftigt die Roftbildung; Alkalien hingegen wirken derfelben entgegen. Die Widerftandsfähigkeit gegen Roften ift beim Schweißeifen größer als beim Flußeifen.

Je mehr die Roftbildung vorwärts fchreitet, in defto größerem Maße verringern fich Feftigkeit und Zähigkeit, alfo auch die Tragfähigkeit des Eifens. Die verfchiedenen Eifenforten befitzen ein verfchiedenes Roftvermögen, d. i. eine verfchiedene Widerftandskraft gegen das Roften. Hierüber, ebenfo über die Mittel, durch welche man die Roftbildung zu verhindern beftrebt ift, wird noch fpäter die Rede fein.

241. Bearbeitung und Handelsforten.

Die Be- und Verarbeitung des Eifens und Stahls ift eine ungemein mannigfaltige. Durch Gießen, Hämmern, Tempern, Schweißen, Walzen, Feilen, Hobeln, Fräfen, Drehen, Stanzen, Bohren ufw. läßt fich das Metall in die verfchiedenartigften Formen bringen und auch feine Befchaffenheit verändern. Das Gebiet diefer großenteils mechanifchen, zum Teile auch chemifchen Verfahren ift fo umfaffend, daß eine, wenn auch nur andeutungsweife Betrachtung derfelben weit über den Rahmen diefes „Handbuches“ gehen würde. Die „Mechanifche Technologie“ und die „Metallurgie“ find die Wiffenfchaften, in deren Bereich die fraglichen Vorgänge gehören.

Die im Handel vorkommenden Eifenforten ftellen jene Formen dar, welche in der Praxis am häufigften benutzt werden und deshalb nach herkömmlichen „Normalien“ für den Vorrat hergeftellt werden.

Es ift intereffant, auch hier den glücklichen Durchbruch einheitlicher Beftrebungen verzeichnen zu können, und namentlich offenbart fich der beginnende Einfluß der praktifchen Errungenfchaften der noch verhältnismäßig jungen Feftigkeitslehre hier in höchft erfreulicher Weife. Sachgemäße Verwertung des Materials ift gerade beim Eifen zum greifbarften Durchbruch gelangt, insbefondere, feit auch die allgemeine Einführung des metrifchen Syftems gefetzliche Kraft erlangte.

Selbft in jenen Fällen, wo das Eifen nicht als Konftruktions-, fondern als Ausbaumaterial auftritt, haben fich einheitliche Beftrebungen geltend gemacht und zum nicht geringen Teile bereits zu erfreulichen Ergebniffen geführt.

Literatur
über „Eifen als Bauftoff“.

Da von den zahlreichen Werken über „Metallurgie“ und über „Hüttenkunde“ hier abgefehen werden muß, find etwa nur die nachftehenden Schriften zu nennen:

LOVE, G. H. *Des diverfes réfiftances et autres propriétés de la fonte du fer et de l'acier etc.* Paris 1859.

GUETTIER, A. *De l'emploi pratique et raifonné de la fonte, de fer dans les conftructions.* Paris 1861.

FAIRBAIRN, W. *Iron: its hiftory, properties and proceffes of manufacture.* Edinburg 1861.

BAER, W. Das Eifen. Seine Gefchichte, Gewinnung und Verarbeitung. Leipzig 1862.

De l'emploi du fer et de la fonte. Gaz. des arch. et du bât. 1865, S. 135, 372.

HERMANT, A. *Du fer et fon emploi dans les conftructions. Moniteur des arch.* 1866, S. 85.

BOHNSTEDT, L. Ueber die Bedeutung des Eifens für die Baukunft. Deutfche Bauz. 1867, S. 201, 209, 219.

BOILEAU, L. A. *Le fer principal élément conftructif de la nouvelle architecture.* Paris 1871.

Das Eifen als Bauftoff. Deutfche Bauz. 1873, S. 169.

GLINZER, E. Das Eifen, feine Gewinnung und Verwendung. Eine monographifche Skizze. Hamburg 1876.

DOUKOUPIL. Das Eifen als Bauftoff. Biftritz 1877.

Organ für die Fortfchritte des Eifenbahnwefens in technifcher Beziehung. Suppl.-Bd. 7: Die Eigenfchaften von Eifen und Stahl. Wiesbaden 1880.

JEANS, J. S. *Steel: its hiftory, manufacture properties and ufes.* London 1880.

TRÉLAT, E. *Le fer dans les mains d'architecte.* Paris 1880.

PICTON, J. A. *Iron as a material for architectural conftruction. Building news,* Bd. 38, S. 497.

JASPINO, E. Die Darftellung des Eifens und der Eifenfabrikate. Wien, Peft u. Leipzig 1881.

DESHAYES, V. *Claffement et emploi des aciers.* Paris 1882.

MACY. Betrachtungen über die hauptfächlichften Conftructionsmaterialien Eifen und Stahl. Eifenb., Bd. 17, S. 27.

Du fer et de l'acier doux, confidérés comme matériaux de conftruction. Encyclodédie d'arch. 1882, S. 4, 19, 41.

Einheitliche Nomenclatur und Claffification von Bau- und Conftructionsmaterialien. Theil 1: Eifen und Stahl. Herausg. durch den fchweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürich 1883.

THURSTON, R. H. *Materials of engineering. Part 2d: Metallic materials, iron and fteel.* New York 1883.

KUPELWIESER, F. Ueber die neueren Fabrikations-Methoden für Eifen und Stahl, über Qualitäts-Eigenfchaften und Erprobung diefer Materialien. Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1883, S. 187.

MARTENS, A. Eifen und Stahl. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 51.

GREENWOOD, W. *Steel and iron, etc.* London 1884.

CONSIDÈRE. *Mémoire fur l'emploi du fer et de l'acier dans les conftructions. Annales des ponts et chauffées* 1885—I, S. 574; 1886—I, S. 5. — Deutfche Ueberfetzung: Die Anwendung von Eifen und Stahl bei Conftructionen. Von E. HAUFF. Wien 1888.

Handbuch der Baukunde. Abth. 1, Bd. 2, Heft 1: Eifen und Eifenkonftruktionen etc. Von G. MEHRTENS. Berlin 1887.

LEDEBUR, A. Eifen und Stahl in ihrer Anwendung für bauliche und gewerbliche Zwecke. Berlin 1890.

CAMPREDON, L. *L'acier. Hiftorique, fabrication, emploi.* Paris 1890.

Flußeifen und deffen gegenwärtige Stellung als Bauconftructions-Material. UHLAND's Techn. Rundfchau, Jahrg. 8, S. 85, 90, 102, 114.

SCHOPPMANN, R. Eifen und Stahl, ihre Eigenfchaften und Behandlung etc. Leipzig 1899.

BECK, L. Die Gefchichte des Eifens in technifcher und kulturgefchichtlicher Beziehung. Braunfchweig 1903.

VIERENDEEL, A. *La conftruction architecturale en fonte, fer et acier.* Löwen u. Paris 1904.

Ferner:

Iron. Journal of fcience, metals and manufactures in iron and fteel. London. Erfcheint feit 1873.

Eifen-Zeitung etc. Red. von F. KUH. Berlin. Erfcheint feit 1880.

La fonte et le fer. Paris. Erfcheint feit 1881.

Stahl und Eifen. Zeitfchrift für das deutfche Eifenhüttenwefen. Red. von E. SCHRÖDER & W. BEUMER. Erfcheint feit 1881.

Les métaux ouvrés. Emploi du fer, de la fonte, du cuivre, du zink etc. dans la conftruction et la décoration. Paris. Erfcheint feit 1882.

Oefterreichifch-ungarifche Eifen-Zeitung. Fachblatt für Eifen-, Stahl-, Metall- etc. Induftrie. Red. v. RAPPA. Wien 1885—86.

Eifen und Metall. Fachblatt für Handel und Fabrikation von Eifen- und Metallwaaren. Berlin 1886—96.

Metall- und Eifen-Zeitung. Herausg. von E. A. SITTIG & SOHN. (Deutfch und englifch.) Leipzig 1893—95.

b) Roh- und Gufseifen.

242. Roheifen.

Wie fchon in Art. 229 (S. 239) gefagt wurde, ift Roheifen das unmittelbar aus dem Hohofen hergeftellte Eifen; es ift leicht fchmelzbar, aber nicht fchmiedbar. Nach der Farbe und dem Gefüge unterfcheidet man:

1) weißes oder körniges Roheisen,
2) strahliges Roheisen oder Spiegeleisen,
3) halbiertes Roheisen und
4) graues Roheisen.

Im weißen Roheisen ist hauptsächlich chemisch gebundener Kohlenstoff enthalten; das graue Roheisen kennzeichnet sich durch eine Beimengung von Graphit, den man auf der frischen Bruchstelle bei oberflächlicher Betrachtung ausschließlich wahrnimmt. Roheisen, auf dessen Bruchfläche außer Graphit auch eine weiße Grundmasse zu sehen ist, heißt halbiertes Roheisen; solches, welches einen sehr hohen Kohlenstoffgehalt besitzt, wird wegen seiner glänzenden, großblätterigen spiegelartigen Absonderungsflächen Spiegeleisen genannt.

Nach seiner Herstellung läßt sich das Roheisen als Kokes-Roheisen und Holzkohlen-Roheisen unterscheiden; das letztere zeichnet sich vor ersterem durch eine größere Festigkeit aus, welche seiner größeren Reinheit entstammt.

Das weiße Roheisen ist außerordentlich hart, so daß es mit der Feile nicht bearbeitet werden kann; der Einwirkung feuchter Luft widersteht es lange Zeit, ebenso auch chemischen Einflüssen.

Das graue Roheisen wird hauptsächlich als Gießerei-Roheisen verwendet; nur sehr selten wird es im Puddelofen verarbeitet.

243. Gußeisen.

Gußeisen wurde in Art. 229 (S. 239) als ungeschmolzenes Roheisen erklärt. Da indes Gußwaren auch unmittelbar vom Hohofen weg erzeugt werden, so schlug ein vom Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Verein eingesetzter Ausschuß 1893 vor, unter der Bezeichnung Gußeisen in der Regel ein graues, ausnahmsweise ein halbiertes Roheisen zu verstehen, wenn es durch die formgebenden Arbeiten des Schmelzens und Gießens zu Gebrauchsgegenständen (Gußwaren) verarbeitet worden ist.

Gußeisen, welches durch Abnutzung oder aus anderen Gründen unbrauchbar geworden ist, wird häufig Brucheisen genannt.

Die aus Gußeisen auszuführenden Konstruktionsteile eines Bauwerkes sind, wenn nicht aus besonderen Gründen Hartguß oder andere Gußeisensorten gewählt werden, nach den »Normalbedingungen usw.« aus grauem weichen Eisen sauber und fehlerfrei herzustellen. Es muß möglich sein, mittels eines gegen eine rechtwinkelige Kante des Gußstückes mit dem Hammer geführten Schlages einen Eindruck zu erzielen, ohne daß die Kante abspringt.

Das graue Roheisen wird hauptsächlich wegen seiner nicht zu großen Härte und Sprödigkeit und wegen größerer Leichtflüssigkeit vorgezogen. Es hat auf dem Bruche eine hellbläulich-graue Farbe mit beträchtlichem Metallglanz und feinkörnigem Gefüge. Farbe und Gefüge sollen durchweg gleich sein; nur in der Nähe der Haut kann die Farbe etwas lichter und das Gefüge feiner sein. Die Haut selbst soll glatt, rein und ohne Unterbrechung mit regelmäßigen Flächen und scharfen Kanten sein. Fleckiger, geflammter oder gefladerter Bruch von verschiedenfarbigem Eisen oder großen Kornflecken, insbesondere aber sichtbare Poren und Höhlungen, machen das Eisen unzuverlässig. Luftblasen im Inneren erkennt man durch Abklopfen der Oberfläche mittels eines Hammers.

Da fehlerfreier Guß hauptsächlich unter Druck erzielt wird, sollte der Architekt stets fordern, daß Säulen, Röhren usw. in aufrechter Stellung gegossen und am besten »mit verlorenem Kopfe«, d. h. einer überstehenden Gußmasse versehen werden, welche den Druck auf das Gußstück vermehrt, die Blasen in sich aufnimmt und nach dem Erkalten abgeschlagen wird.

Da die Gußhaut eine größere Feftigkeit befitzt als das Innere und zugleich gegen Roft fchützt, fo follte fie bei wichtigen Konftruktionen nicht verletzt oder abgedreht werden.

244. Gewicht.

Über das Eigengewicht des Gußeifens wurden in Art. 238 (S. 244) bereits Angaben gemacht. Diefen fei hier hinzugefügt, daß nach *Mehrtens* das Einheitsgewicht zwifchen 7,0 und 7,6 fchwankt; es nimmt mit dem Gehalt an Kohlenftoff und anderen fremden Körpern zu. Das weiße Roheifen hat ein geringeres Einheitsgewicht als graues Roheifen. Je größer die Abmeffungen eines Gußftückes find, je größer alfo fein Rauminhalt ift, defto geringer ift feine Dichtigkeit; man kann feine Dichtigkeit erhöhen, wenn man beim Gießen den vorerwähnten verlorenen Kopf in Anwendung bringt.

Nach den „Normalbedingungen ufw." ift bei Gußeifen das Eigengewicht zu 7250 ^{kg} für 1 ^{cbm} anzunehmen.

245. Schmelzpunkt; Ausdehnung und Schwinden.

Der Schmelzpunkt des Roheifens ift zwifchen 1050 und 1200 Grad C. gelegen.

Die Größe der Ausdehnung infolge von Temperaturfchwankungen oder die fog. Ausdehnungsziffer ift bereits in Art. 239 (S. 244) mitgeteilt worden. Ebenfo wichtig wie diefe ift für gußeiferne Bauteile die fog. Schwindungsziffer (-Koeffizient); der Architekt, welcher Zeichnungen einer Gießerei übergibt, hat das Schwindmaß, welches linear 0,0104 beträgt, jedesmal zu berückfichtigen und auch anzugeben, ob die Zeichnungen im Schwindmaßftab angefertigt find oder nicht.

246. Elaftizität.

Über die Elaftizität des Gußeifens find nur wenige Verfuche angeftellt worden; *Buchanan, Fairbairn, Hodgkinfon, Rondelet, Tredgold* u. a. haben folche vorgenommen. Die Elaftizitätsziffer ift zwifchen 672 und 1730 ^{t} für 1 ^{qcm} gelegen; nach *Winkler* kann fie im Mittel zu 1000 ^{t} für 1 ^{qcm} angefetzt werden. Die Elaftizitätsgrenze (Grenzziffer, Spannung an der Elaftizitätsgrenze) ift unbekannt; fie wird für Zug zu 0,44 bis 0,75, für Druck zu 1,33 bis 1,94 ^{t} für 1 ^{qcm} gefchätzt; erftere beträgt ungefähr $^{1}/_{2}$, letztere $^{1}/_{5}$ der bezüglichen Feftigkeitsziffer. Indes gründen fich diefe Zahlen auf keinerlei zuverläffige Verfuche.

247. Feftigkeit.

Die Feftigkeitsverhältniffe des Gußeifens kennzeichnen fich im Vergleich mit jenen von Schmiedeeifen und Stahl durch die bedeutend höhere Druckfeftigkeit gegenüber der Zugfeftigkeit und durch die verfchiedenen Werte für Zugfeftigkeit, welche fich ergeben, fobald man dasfelbe Material einmal auf Zug und das andere Mal auf Biegung in Anfpruch nimmt. Nach den Verfuchen von *Fairbairn* und *Hodgkinfon* fchwanken die Werte der verfchiedenen Feftigkeiten wenig, je nachdem das Gußeifen mit kaltem oder erhitztem Gebläfewind erblafen wurde. Hingegen erhöht fich die Druckfeftigkeit durch oftmaliges Schmelzen in bedeutendem Maße. Auch die Größe der Probeftücke ift von Einfluß auf das Ergebnis; kleine Würfel weifen größere Druckfeftigkeit auf als größere.

Auch über die Zugfeftigkeit des Gußeifens liegen nur wenige Verfuche von *Brown, Hodgkinfon, Rennie* ufw. vor. Die Ziffern fchwanken zwifchen 660 und 2410 ^{kg} für 1 ^{qcm} und geben einen Mittelwert von 1300 ^{kg} für 1 ^{qcm}. *Mehrtens* gibt für die geringften (unreinen) Sorten die Zugfeftigkeit zu 450 ^{kg}, für die gewöhnlichen Sorten zu 1210 ^{kg} und für die vorzüglichften Sorten zu 2000 ^{kg} für 1 ^{qcm} an. Die Zugfeftigkeit nimmt mit wachfendem Querfchnitt des Probeftückes ab.

Die Druckfeftigkeit wurde insbefondere von *Hodgkinfon* und *Rennie* unterfucht und in den Mittelwerten zwifchen 5680 und 8900 ^{kg} für 1 ^{qcm} gefunden. *Mehrtens* bemißt diefelbe für gewöhnliche Eifenforten mit 5000 ^{kg} und für vor-

zügliche Sorten mit 10000 kg für 1 qcm. Man kann die Druckfeſtigkeit wohl auch gleich der 6-fachen Zugfeſtigkeit, d. i. nahezu mit 7900 kg für 1 qcm anſetzen.

Für Abſcherungsfeſtigkeit kann man nach *Rankine* durchſchnittlich 1950 kg und für Biegungsfeſtigkeit im Mittel 2860 kg für 1 qcm annehmen; doch iſt auf den letzteren Koeffizienten die Querſchnittsform nicht ohne Einfluß. Nach *Winkler* kann man denſelben für den rechteckigen Querſchnitt zu 2800 kg für 1 qcm annehmen, während bei unſymmetriſch-**I**-förmigem Querſchnitt, je nachdem der Bruch durch Zerreißen oder Zerdrücken ſtattfinden ſoll, die beiden Ziffern 2100, bezw. 5300 kg für 1 qcm Anwendung finden können. *Mehrtens* ſetzt die Biegungsfeſtigkeit bei gewöhnlichen Eiſenſorten zu 2550 kg und bei vorzüglichen Sorten zu 5000 kg für 1 qcm an.

Nach den „Normalbedingungen uſw.“ ſoll die Zugfeſtigkeit bei Gußeiſen mindeſtens 12 kg für 1 qmm betragen. Ein unbearbeiteter quadratiſcher Stab von 3 cm Seitenlänge, auf zwei 1 m voneinander entfernten Stützen liegend, muß eine allmählich bis zu 450 kg zunehmende Belaſtung in der Mitte aufnehmen können, bevor er bricht [159]).

Ein geringer Gehalt an gebundenem Kohlenſtoff (bis etwa 1 Vomhundert) vermehrt die Feſtigkeit des Gußeiſens; großer Kohlenſtoffgehalt vermindert ſie. Durch Erwärmung wird die Feſtigkeit des Gußeiſens gleichfalls verringert; gußeiſerne Freiſtützen haben bei höheren Wärmegraden eine geringere Tragfähigkeit als bei gewöhnlicher Temperatur. Strenge Kälte vermindert die Feſtigkeit des Gußeiſens auch; insbeſondere wird es dadurch gegen Stöße ſehr empfindlich.

248. Zähigkeit und Härte

Die Zähigkeit des Gußeiſens wird durch einen geringen Gehalt an gebundenem Kohlenſtoff verringert; enthält dasſelbe ſehr viel Kohlenſtoff, ſo wird es ſehr ſpröde. Auch ein Gehalt an Phosphor macht es ſpröde. Schwefel, in geringen Mengen vorhanden, hat auf die Zähigkeit des Gußeiſens keinen Einfluß.

Die Härte des Gußeiſens wird durch Gehalt an Phosphor und Schwefel nur wenig vermehrt; durch Mangangehalt wird ſie bedeutend geſteigert. Enthält das Gußeiſen wenig Silicium, ſo wird ſeine Härte verringert; großer Siliciumgehalt ſteigert ſie.

Nach *Ledebur* kann man die folgenden Härtegrade von Gußeiſen unterſcheiden:

1) Geringſte Härte beſitzen die graphitreichſten, manganarmen Sorten mit 2 bis 3 Vomhundert Silicium und weniger als 1 Vomhundert Mangan; ſie ſind mit Schneidewerkzeugen am leichteſten zu bearbeiten.

2) Härter und daher auch ſchwerer bearbeitbar ſind diejenigen Sorten, welche unter 2 Vomhundert oder über 3 Vomhundert Silicium enthalten.

3) Große Härte zeigen die Sorten mit 1 bis 2 Vomhundert Mangangehalt.

4) Die größte Härte beſitzen Sorten mit 4 bis 5 Vomhundert Mangangehalt, ſo daß ſie ſich mit der Feile nur ſchwer bearbeiten laſſen.

249. Gußwaren.

Unter den Gußwaren, die im Handel vorkommen, ſpielen Säulen und Röhren die größte Rolle. Die erſteren haben ſehr verſchiedene Abmeſſungen und eine äußerſt mannigfaltige Geſtalt erhalten. Für Gußeiſenröhren, die in erſter Reihe für Waſſer- und Dampfleitungen beſtimmt ſind, allein ſonſt noch für die verſchiedenartigſten Zwecke benutzt werden, hat der „Verein deutſcher Ingenieure“ gemeinſam mit dem „Vereine der Gas- und Waſſerfachmänner Deutſchlands“ Normalien aufgeſtellt, die ſich auf Flanſchen- und Muffenröhren (Fig. 32 u. 33)

[159]) Über die Prüfung von Gußeiſen ſiehe auch die Referate über die 1886 in Dresden abgehaltene Konferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Konſtruktionsmaterialien (Aufg. 14: Die Prüfungsmethoden fü Gußeiſen) in: Bauschinger, J. Mittheilungen aus dem mechaniſch-techniſchen Laboratorium der k. techniſchen Hochſchule in München. Heft 22. München 1894. S. 48.

Normaltabelle für gußeiſerne

Gemeinſchaftlich aufgeſtellt vom Vereine deutſcher Ingenieure

Lichter Durchmeſſer des Rohres D . . . mm	40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250	275	300
Norm. Wandſtärke δ mm	8	8	8,5	8,5	9	9	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13
Äußerer Durchmeſſer des Rohres D_1 . . mm	56	66	77	87	98	108	118	144	170	196	222	248	274	300	326
Gewicht eines Rohrſtückes v. 1 m Länge kg	8,75	10,57	13,26	15,20	18,24	20,29	22,34	29,16	36,44	44,36	52,86	61,95	71,61	81,85	92,0
Muffenröhren (Fig. 32).															
Stärke der Dichtungsfuge f . . mm	7,0	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,05	7,5	7,5	8,0	8,0	8,5	8,5	8
Innere Muffenweite D_2 . . . mm	70	81	92	102	113	123	133	159	185	211	238	264	291	317	343
Innere Muffentiefe t . . . . mm	74	77	80	82	84	86	88	91	94	97	100	100	103	103	105
Dichtungstiefe t' mm	62	65	67	69	70	72	74	77	79	81	83	83	84	84	85
Gew. einer Muffe kg	2,68	3,14	3,80	4,35	5,09	5,70	6,20	7,64	9,89	12,00	14,41	16,80	19,61	22,51	25,2
Übliche Nutzlänge eines Rohres m	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4
Gew. eines Rohres von vorſtehender Nutzlänge kg	20,18	24,28	30,41	49,95	59,81	66,57	73,22	94,94	119,21	145,08	172,99	202,71	306,05	349,91	396
Gew. für 1 m Rohr bei vorſtehender Nutzlänge kg	10,09	12,14	15,21	16,65	19,94	22,19	24,41	31,65	39,74	48,36	57,66	67,57	76,51	87,48	99
Flanſchenröhren (Fig. 33).															
Durchmeſſer des Flanſches D' . mm	140	160	175	185	200	215	230	260	290	320	350	370	400	425	450
Dicke des Flanſches d . . . . mm	18	18	19	19	20	20	20	21	22	22	23	23	24	25	25
Breite der Dichtungsleiſte b . mm	25	25	25	25	25	25	28	28	28	30	30	30	30	30	30
Höhe der Dichtungsleiſte h . mm	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Lochkreisdurchmeſſer D'' . . mm	110	125	135	145	160	170	180	210	240	270	300	320	350	375	[illegible]
Anzahl der Schrauben . . Stück	4	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	8	8	[illegible]
Stärke der Schraub. s mm	13	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Stärke der Schraub. s engl. Zoll	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	[illegible]
Länge der Schrauben l . mm	70	75	75	75	75	75	85	85	85	85	85	85	100	100	100
Durchmeſſer des Schraubenloches s' . . . mm	15	17	17	17	17	17	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Gewicht eines Flanſches nebſt Anſchluß . . . kg	1,89	2,41	2,96	3,21	3,84	4,37	4,96	6,26	7,09	8,96	10,71	11,02	12,98	14,41	15
Üblich. Baulänge mm	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Gew. eines Rohres von vorſtehender Baulänge . kg	21,28	25,96	32,44	52,02	62,40	69,61	76,94	99,82	124,70	151,00	180,00	207,89	240,79	274,37	30[illegible]
Gew. für 1 m Rohr bei vorſtehender Baulänge . kg	10,64	12,98	16,22	17,34	20,80	23,20	25,65	33,27	41,57	50,33	60,00	69,30	80,26	91,46	102

Bemerkungen. Die normalen Wandſtärken gelten für Röhren, welche einem Betriebsdrucke von etwa 10 Atmoſphären und einem Probedrucke von im Maximum 20 Atmoſphären ausgeſetzt ſind und vor allem Waſſerleitungszwecken dienen. Für gewöhnliche Druckverhältniſſe von Waſſerleitungen (4 bis 7 Atmoſphären) iſt eine Verminderung der Wandſtärken und dementſprechend auch der Gewichte zuläſſig, desgleichen für Leitungen, in welchen nur ein geringer Druck herrſcht (Gasleitungen, Windleitungen, Kanaliſationsleitungen). Für Dampfleitungen, welche größeren Temperaturdifferenzen und dadurch entſtehenden Spannungen, ſowie für Leitungen, welche unter beſonderen Verhältniſſen ſchädigenden äußeren Einflüſſen ausgeſetzt ſind, iſt es empfehlenswert, die Wandſtärken reſp. Gewichte entſprechend zu erhöhen.

Muffen- und Flanfchenröhren.

und vom Deutfchen Vereine von Gas- und Wafferfachmännern.

325	360	375	400	425	450	475	500	550	600	650	700	750	800	900	1000	1100	1200
13,5	14	14	14,5	14,5	15	15,5	16	16,5	17	18	19	20	21	22,5	24	26	28
352	378	403	429	454	480	506	532	583	634	686	738	790	842	945	1048	1152	1256
104,08	116,07	124,04	136,89	145,15	158,87	173,17	188,04	212,90	238,90	273,86	311,15	350,76	392,69	472,76	559,76	666,81	783,15
8,5	8,5	9,0	9,5	9,5	9,5	9,5	10,0	10,0	10,5	10,5	11,0	11,0	12,0	12,5	13,0	13,0	13,0
369	395	421	448	473	499	525	552	603	655	707	760	812	866	970	1074	1178	1282
105	107	107	110	110	112	112	115	117	120	122	125	127	130	135	140	145	150
85	86	86	88	88	89	89	91	92	94	95	96	97	98	101	104	106	108
28,83	32,23	34,27	39,15	41,26	44,90	48,97	54,48	62,34	71,15	83,10	98,04	111,29	129,27	160,17	195,99	243,76	294,50
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
445,15	496,51	530,43	586,71	621,82	680,38	741,65	806,64	913,94	1026,75	1178,54	1342,64	1514,33	1700,03	2051,21	2435,03	2911,00	3427,19
111,29	124,13	132,61	146,68	155,46	170,40	185,41	201,66	228,49	256,69	294,64	335,66	378,58	425,01	512,80	608,76	727,75	856,78
490	520	550	575	600	630	655	680	740	790	840	900	950	—	—	—	—	—
26	26	27	27	28	28	29	30	33	33	33	33	33	—	—	—	—	—
35	35	35	35	35	35	40	40	40	40	40	40	40	—	—	—	—	—
4	4	4	[illegible]	4	4	4	4	5	5	5	5	5	—	—	—	—	—
435	465	495	520	545	570	600	625	675	725	775	830	880	—	—	—	—	—
10	10	10	10	12	12	12	12	14	16	18	18	20	—	—	—	—	—
22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	26	26	26	26	26	—	—	—	—	—
$7/8$	$7/8$	$7/8$	$7/8$	$7/8$	$7/8$	$7/8$	$7/8$	1	1	1	1	1	—	—	—	—	—
105	105	105	105	105	105	105	105	120	120	120	120	120	—	—	—	—	—
25	25	25	25	25	25	25	25	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	—	—	—	—	—
19,48	21,29	24,29	25,44	27,64	29,89	32,41	34,69	44,28	47,41	50,13	56,50	59,81	—	—	—	—	—
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	—	—	—	—	—
351,20	390,79	420,70	461,55	490,73	536,39	584,33	633,50	727,26	811,52	921,84	1046,45	1171,90	—	—	—	—	—
117,07	130,26	140,23	153,85	163,58	178,80	194,78	211,17	242,42	270,51	307,28	348,82	390,63	—	—	—	—	—

Der äußere Durchmeffer des Rohres ift feftftehend und werden Änderungen der Wandftärke nur auf den lichten Durchmeffer des Rohres von Einfluß fein.

Als unabänderlich normal gilt ferner die innere Muffenform, die Art des Anfchluffes an das Rohr, fowie die Bleifugenftärke.

Aus Gründen der Fabrikation find bei geraden Normalröhren Abweichungen von den durch Rechnung ermittelten Gewichten im Maximum um + 3 Vomhundert zu geftatten. – In den Gewichtsberechnungen ift das fpezififche Gewicht des Gußeifens zu 7,25 eingefetzt worden. – Für die Anordnung der Schraubenlöcher bei den Flanfchenröhren gilt die Regel, daß in der Vertikalebene der Achfe des Rohres fich keine Schraubenlöcher befinden follen.

(ſamt zugehörigen Schiebern, Hähnen und Ventilen) beziehen und in der umſtehenden Tabelle niedergelegt ſind.

Ferner finden ſich Herdplatten in normalen Abmeſſungsabſtufungen, wie ſie der zweite öſterreichiſch-ungariſche Eiſen-Beratungstag aufgeſtellt hat, ziemlich allgemein im Handel vor. Ebenſo erzeugen die verſchiedenen Hüttenwerke gerippte und geriefte Platten für verſchiedene Zwecke, Wendeltreppen, Öfen, Geländerſtäbe, Kandelaber, Dachziegel, Dachfenſter uſw. in beſtimmten Formen und

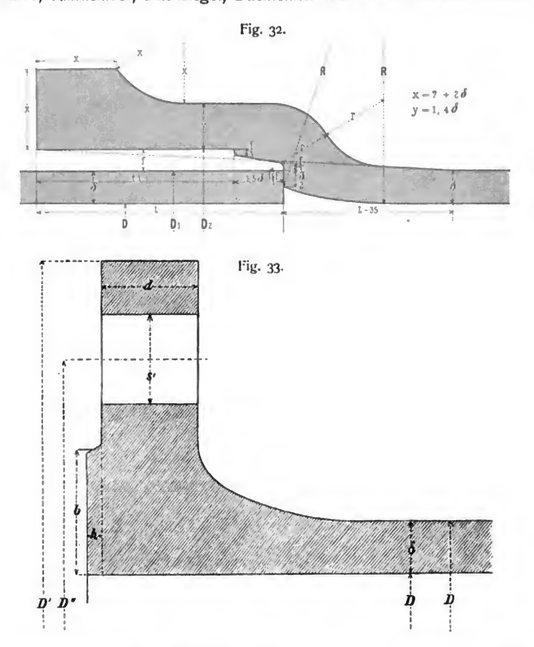


Fig. 32.

Fig. 33.

Größen, die in der Regel nach Nummern unterſchieden werden. Endlich ſeien noch Konſolen, Unterlagsplatten, Träger, Laternenarme, Brunnenſchalen, Stallkrippen, Raufen, Gußornamente, wie Roſetten, Löwenköpfe uſw., erwähnt. Einzelne dieſer Erzeugniſſe werden wohl auch zum Schutze gegen Roſt verzinkt oder mit einem Emailüberzug (letzteres namentlich bei Dachziegeln) verſehen in den Handel gebracht.

Hierbei iſt auch noch des ſog. Eiſen-Kunſtguſſes, namentlich des Ornamentguſſes, zu gedenken, für deſſen tadelloſes Gelingen die größte Sorgfalt in der Auswahl und Zubereitung des Formſandes, des Lehms, der Holzkohlen und

aller übrigen Materialien unbedingtes Erfordernis ift. Gute Erfolge können nur erzielt werden mit einem Stamm tüchtig gefchulter und intelligenter Arbeiter, die fich die nötige Fingerfertigkeit und Gefchicklichkeit angeeignet haben, die Modelle und Formteile mit der notwendigen Vorficht und Ruhe zu behandeln. Dem Ornamentguß insbefondere ift die Behandlung der Modelle eigentümlich [160]).

Eifengußwaren können nachträglich fchmiedbar gemacht werden, und es entfteht dadurch der fchmiedbare Eifenguß, auch Weichguß oder Temperguß genannt.

Unter Tempern verfteht man das Verfahren, harte Gußwaren durch Glühen und allmähliches Abkühlen weich zu machen. Um Temperguß zu erzielen, werden die aus grauem Roheifen gegoffenen Stücke in einem gefchloffenen eifernen Behälter, der mit Kohlenftaub gefüllt ift, längere Zeit der Glühhitze ausgefetzt; dabei wird das dichte, weiße Gefüge des Gußeifens in körniges graues umgewandelt. Der eigentliche fchmiedbare Guß entfteht, wenn man die gegoffenen Gegenftände durch das fog. Glühfrifchen (fiehe Art. 258) unter Anwendung chemifcher Mittel derart tempert, daß der gebundene Kohlenftoff infolge oxydierender Einflüffe verbrennt und dadurch das Eifen fchmiedbar wird.

Werden Gußwaren durch Gießen des Eifens in eiferne Formen an ihrer Oberfläche befonders hart gemacht, fo werden fie zu Hartgußwaren.

Die für die Herftellung der Gußwaren erforderlichen Formen können offen, in Sandmaffe oder in Lehm ausgeführt fein; hiernach kann man Herdguß, Sandmaffenguß und Lehmguß unterfcheiden.

Die für Gasleitungen beftimmten gußeifernen Röhren haben die nachftehenden Abmeffungen und Gewichte:

Lichte Weite:	38	51	62	76	102	127	152	203	254	305	381	457	508	610	762	914	Millim.
Länge:	1,8	1,8	1,8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	Met.
Tiefe der Muffen:	76	76	76	76	102	102	102	102	114	114	114	114	114	114	114	114	Millim.
Gewicht für 1 m Baulänge:	8,4	10,8	13,6	16,8	23,2	31,2	38,4	59,2	78,4	100,0	139,0	184,0	208,0	256,0	408,0	510,0	Kilogr.

250. Roftvermögen ufw.

Je dichter und glatter die Oberfläche des Gußeifens ift, defto beffer widerfteht es dem Roften; Spiegeleifen roftet fchwerer als weißes körniges Roheifen, diefes fchwerer als graues Kokes-Roheifen und letzteres wieder fchwerer als graues Holzkohlen-Roheifen.

Nach Verfuchen, die *Gruner* über das Verhalten verfchiedener Eifen- und Stahlforten gegen feuchte Luft, Seewaffer und angefäuertes Waffer in der erften Hälfte der achtziger Jahre angeftellt hat, verliert Gußeifen durch feuchte Luft im Laufe von 20 Tagen etwa 2^{g} für je 2^{qdm} Oberfläche an Gewicht, Spiegeleifen weniger. Seewaffer erweift fich namentlich für Spiegeleifen als ein kräftiges Löfungsmittel; auch angefäuertes Waffer wirkt ziemlich kräftig auf Gußeifen, kräftiger als auf Spiegeleifen und auf Stahl.

c) Schmiedeeifen.

1) Schmiedbares Eifen überhaupt.

251. Gewicht; Ausdehnung und Schmelzpunkt.

In Art. 226 (S. 236) wurde bereits auseinandergefetzt, was im Vorliegenden unter Schmiedeeifen verftanden werden foll, fowie daß man es als Schweißeifen und Flußeifen zu unterfcheiden hat. Aus dem dort Gefagten geht auch hervor, daß man das fchmiedbare Eifen aus dem Roheifen durch einen Oxydationsprozeß herftellt, wobei Silicium, Mangan, Phosphor und Schwefel entfernt werden follen und foviel Kohlenftoff entzogen wird, daß ein brauchbares Erzeugnis von beftimmtem Kohlenftoffgehalt entfteht.

[160]) Siehe auch: Eifen-Kunftguß. Centralbl. d. Bauverw. 1884. S. 64.

Zunächst sollen die wichtigeren Eigenschaften, welche den beiden letztgenannten Eisensorten gemeinsam zukommen, vorgeführt und dann (unter 2 u. 3) jede derselben im besonderen betrachtet werden.

Über das Gewicht des Schmiedeeisens wurden bereits in Art. 238 (S. 244) die erforderlichen Angaben gemacht. Durch Kaltwalzen oder Kaltziehen wird die Dichtigkeit verringert; hingegen hat es den Anschein, als wenn bei der Bearbeitung im warmen Zustande die Dichtigkeit zunähme.

Nach den „Normalbedingen usw." ist das Eigengewicht für Schweißeisen zu 7800 kg und für Flußeisen zu 7850 kg für 1 cbm anzunehmen.

Über die Ausdehnung des Schmiedeeisens durch die Wärme ist in Art. 239 (S. 244) das nötige mitgeteilt. Sein Schmelzpunkt ist bei 2000 bis 2250 Grad C. zu suchen, liegt also wesentlich höher als beim Roheisen, was auf den geringeren Kohlenstoffgehalt zurückzuführen ist.

252. Elastizität.

Die Elastizitätsziffer des Schmiedeeisens schwankt nach den von ***Bornet***, ***Brix***, ***Duleau***, ***Gerstner***, ***Hodgkinson***, ***Jenny***, ***Kerpely***, ***Kupffer***, ***Lagerhjelm***, ***Lovett***, ***Tredgold***, ***Wertheim***, ***Wöhler*** u. a. vorgenommenen Versuchen zwischen 1500 und 2764 t für 1 qcm, kann jedoch nach ***Winkler*** und nach ***Mehrtens*** im Mittel zu 2000 t für 1 qcm angenommen werden.

Die Elastizitätsgrenze für Zug und Druck wurde zwischen 1,03 und 3,31 t für 1 qcm gefunden und läßt sich nach ***Winkler*** im Mittel zu 1,65 t für 1 qcm ansetzen. Man nimmt wohl auch die Elastizitätsgrenze zu etwa $^3/_5$ der Festigkeitsziffer an.

253. Zugfestigkeit.

Schmiedeeisen hat infolge seines faserigen Gefüges stets eine größere Festigkeit in der Richtung der Fasern als senkrecht dazu. Nach ***Tetmajer*** ist beim Schweißeisen die Druckfestigkeit gleich der Zugfestigkeit, beträgt aber beim Flußeisen nur 95 Vomhundert der Zugfestigkeit.

Über die Zugfestigkeit des Schmiedeeisens wurden die weitaus meisten Versuche angestellt. ***Bauschinger***, ***Brunel***, ***Brown***, ***Burg***, ***Clark***, ***Fairbairn***, ***Gouin***, ***Jenny***, ***Kerpely***, ***Kirkaldy***, ***Lagerhjelm***, ***Martin***, ***Meißner***, ***Navier***, ***Perronet***, ***Seguin***, ***Styffe***, ***Telford***, ***Thurston***, ***Wöhler*** u. a. haben solche vorgenommen; die von denselben gefundenen Mittelwerte schwanken zwischen den Grenzen 2110 und 7000 kg für 1 qcm. Man kann indes nach ***Winkler*** im Mittel für Stabeisen (gewalzt) 3800 und für Eisenblech in der Walzrichtung 3600, senkrecht zur Walzrichtung 3100 kg für 1 qcm annehmen.

Mehrtens nimmt die Zugfestigkeit der geringsten Sorte von Schweißeisen zu 2500 kg, jene der geringsten Sorte von Flußeisen zu 3500 kg, diejenige von gutem Stab- und Formeisen zu 3800 kg, diejenige von sehr gutem Schweißeisen, Flußeisen und Feinkorneisen (für Niete und Schrauben) zu 4000 kg, endlich jene von bestem, zähhartem Flußeisen zu 4500 kg für 1 qcm an.

Für beste Bleche beträgt nach ***Mehrtens*** die Zugfestigkeit in der Längsrichtung 3800 kg und in der Querrichtung 3600 kg, für bessere Bleche in der Längsrichtung 3600 kg und in der Querrichtung 3300 kg, für gewöhnliche Bleche in der Längsrichtung 3400 kg und in der Querrichtung 3000 kg, für Kastenbleche in der Längsrichtung 3200 kg und in der Querrichtung 2800 kg für 1 qcm.

Über die Zugfestigkeit des Eisendrahtes haben insbesondere ***Brix***, ***Buffon***, ***Dufour***, ***Gerstner***, ***Lamé***, ***Muschenbroek***, ***Seguin*** und ***Telford*** Versuche angestellt, aus denen sich Mittelwerte von 3500 bis 9690 kg für 1 qcm bei Drahtdicken von 0,2 bis 6,0 mm Dicke ergeben. ***Karmarsch*** leitet aus besonderen Versuchen die folgenden Regeln ab, wenn d die Drahtdicke (in Millim.) bezeichnet:

	nicht geglüht:	geglüht:	
Gewöhnlicher Eifendraht	$4{,}58 + \frac{2{,}29}{d}$	$2{,}87 + \frac{0{,}64}{d}$	Tonnen für 1 qcm.
Befter Eifendraht	$6{,}37 + \frac{1{,}59}{d}$	$3{,}31 + \frac{0{,}38}{d}$	

Nach *Mehrtens* beziffert fich die Zugfeftigkeit des geglühten Eifendrahtes mit 4000 kg, jene des blanken und weichen, fowie des halbharten Drahtes zu 5500 kg und diejenige des blanken, harten zu 6500 kg für 1 qcm.

Alle mechanifchen Beimengungen des Schmiedeeifens, insbefondere ein Gehalt an Graphit oder Schlacke, wirken auf das Gefüge ungünftig, und da ihre Feftigkeit kleiner ift als diejenige des Eifens, fo vermindern fie auch feine Feftigkeit. Aus diefen Gründen muß, felbft bei gleicher chemifcher Zufammenfetzung, das Flußeifen eine größere Feftigkeit als das Schweißeifen aufweifen.

Die Zugfeftigkeit wird durch alle Beimengungen, welche ein feinkörniges Gefüge erzeugen, erhöht, alfo namentlich durch Kohlenftoff, Mangan, Chrom und Wolfram, vorausgefetzt, daß die Menge diefer Stoffe ein gewiffes Maß nicht überfchreitet. Beim fchmiedbaren Eifen beginnt diefe Grenze für Kohlenftoff bei 1 Vomhundert, für Mangan bei 3 Vomhundert, für Chrom bei 1 Vomhundert und für Wolfram bei 6 Vomhundert.

Durch Beimengung von Silicium wird, wenigftens bis zu einer gewiffen Grenze, die Feftigkeit des Eifens vergrößert. Schwefel ift im fchmiedbaren Eifen gewöhnlich in fo geringer Menge vorhanden, daß feine Feftigkeit bei niedrigen Temperaturen nicht nennenswert herabgemindert wird.

Den ungünftigften Einfluß auf die Feftigkeit übt der Phosphor aus; das Eifen wird dadurch kaltbrüchig, und die Einwirkung ift um fo nachteiliger, je mehr Kohlenftoff das Eifen befitzt. Beim Flußeifen äußert fich der fchädliche Einfluß mehr als beim Schweißeifen, weil der Phosphor beim letzteren bis zu 0,1 Vomhundert in der Schlacke enthalten ift und nicht im Eifen felbft. Der Höchftbetrag des Phosphorgehaltes ift beim Flußeifen 0,2 Vomhundert und beim Schweißeifen 0,4 Vomhundert.

Die zunehmende Erwärmung verringert die Feftigkeit des Schmiedeeifens; durch Kälte wird fie nicht vermindert.

Daß forgfältige Beobachtungen und Unterfuchungen zu dem Ergebnis geführt haben, eine nachteilige Einwirkung von lange Zeit hindurch fortgefetzten Spannungswechfeln auf das Schmiedeeifen fei in keiner Weife erwiefen, wurde bereits früher gefagt [161]).

254. Zähigkeit.

Das Maß der Zähigkeit wird zugleich mit der Zugfeftigkeit beftimmt. Wird ein Eifenftab in feiner Längenrichtung einem Zuge ausgefetzt, fo wird feine Länge größer, oder, wie man fagt, er dehnt fich. Dabei vermindert fich feine Querfchnittsabmeffung, welche fich an einer beftimmten Stelle um fo auffälliger zeigt, je größer die Zugkraft wird; es kommt eine fog. Kontraktion oder Einfchnürung zum Vorfchein, welche unmittelbar vor dem Bruche ihr Höchftmaß erreicht. Die Anfichten der Fachmänner darüber, ob man die Zähigkeit nach der Größe der Dehnung oder nach der Größe der Einfchnürung bemeffen foll, find, wie bereits in Art. 228 (S. 238) gefagt wurde, geteilt. In der an gleicher Stelle angeführten, vom Verbande deutfcher Architekten- und Ingenieur-Vereine 1878 herausgegebenen „Denkfchrift ufw." wurde die Einfchnürung des Zerreißungsquerfchnittes (in Prozenten des urfprünglichen Querfchnittes) zugrunde gelegt; in den „Normal-

[161]) Siehe auch: Einfluß wiederholter Belaftung auf die Feftigkeit des Eifens. Centralbl. d. Bauverw. 1894, S. 175.

bedingungen usw." hingegen ist die Dehnung (in Prozenten der ursprünglichen Länge) als maßgebend eingeführt.

Nach *Mehrtens* beträgt die Dehnung für 200 mm Länge: für die geringste Sorte von Schweißeisen 5, für die geringste Sorte von Flußeisen 35, für gutes Stab- und Formeisen 20, für sehr gutes Schweißeisen, Flußeisen, Feinkorneisen (für Niete und Schrauben) 25, für bestes zähhartes Flußeisen 30, für beste Bleche in der Längsrichtung 25 und in der Querrichtung 18, für bessere Bleche in der Längsrichtung 14 und in der Querrichtung 8, für gewöhnliche Bleche in der Längsrichtung 10 und in der Querrichtung 5, für Kastenbleche in der Längsrichtung 6 und in der Querrichtung 3 Vomhundert.

Große Zähigkeit und große Festigkeit fallen im allgemeinen nicht zusammen. Eisen von großer Zähigkeit besitzt nur mittlere Festigkeit, und Eisen von großer Festigkeit nur ein geringes Maß von Zähigkeit. Beim reinsten Eisen ist die Zähigkeit am größten; fremde Beimengungen vermindern die Zähigkeit. Am nachteiligsten ist auch hier das Vorhandensein von Phosphor, der das Eisen spröde macht, und zwar um so spröder, je mehr Kohlenstoff es enthält.

Bei zunehmender Temperatur nimmt die Dehnbarkeit des Schmiedeeisens zu, und zwar bis zu bedeutenden Hitzegraden (400 bis 500 Grad C.); bei noch weiterer Erhitzung nimmt sie wieder ab. Kälte verringert die Zähigkeit.

Die Zähigkeit des Schweißeisens ist meist größer als diejenige des Flußeisens. Das erstere besitzt nämlich ein ausgesprochen sehniges Gefüge, so daß bei einer Zugbeanspruchung sich anscheinend jede Sehne für sich dehnt; infolgedessen reißt oder bricht Schweißeisen niemals plötzlich. Das Flußeisen hat ein mehr körniges Gefüge, so daß ein Bruch stets plötzlich erfolgt. Bei gleicher chemischer Zusammensetzung scheint Flußeisen (also schlackenfrei) eine größere Zähigkeit zu besitzen als Schweißeisen; da aber ersteres meist beträchtliche Mengen von Mangan und Silicium enthält, so wird durch diesen Umstand seine Zähigkeit nachteilig beeinflußt.

255. Druck-, Biegungs- und Scherfestigkeit.

Die Druckfestigkeit läßt sich bei einem so zähen Material, wie es das Schmiedeeisen ist, wegen der allmählichen Ausbauchung und Anschwellung der Probestücke unter dem Drucke schwierig genau bestimmen.

Von englischen Fachmännern wird die Druckfestigkeit des Schmiedeeisens zu 2530 bis 3160 kg für 1 qcm angegeben; *Rondelet* setzt 4950 kg an. *Kirkaldy*'s Versuche, welche mit Zylindern, deren Höhe gleich dem 2-, 4- und 8-fachen Durchmesser waren, angestellt wurden, ergaben im Mittel bezw. 10900, 7700 und 5800 kg Druckfestigkeit für 1 qcm. Nach den älteren Versuchen kann man die Druckfestigkeit ungefähr zu $^7/_8$ der Zugfestigkeit annehmen.

Auch über die Biegungs- und Abscherungsfestigkeit des Schmiedeeisens liegen nicht viele Versuche vor. Nach jenen von *Kirkaldy* beträgt die Biegungsfestigkeit 810 bis 1350, im Mittel 1080 kg für 1 qcm, die Abscherungsfestigkeit 3190 bis 5500, im Mittel 4510 kg für 1 qcm. Indes wird der Koeffizient der Biegungsfestigkeit durch die Querschnittsform beeinflußt; für I-Träger kann man nach *Winkler* diese Ziffer jener für Zugfestigkeit gleichsetzen.

Die Festigkeitsziffer für Abscheren beträgt nach *Winkler* nahezu $^4/_5$ der Festigkeitsziffer für Zug. Nach *Mehrtens* ist die Biegungsfestigkeit beim Schweißeisen um 2,5 Vomhundert, beim Flußeisen um 14 Vomhundert geringer als die Zugfestigkeit.

256. Rostvermögen.

Schmiedeeisen widersteht dem Rosten um so mehr, je dichter und glatter seine Oberfläche, namentlich seine Walzhaut ist; indes ist sein Widerstand wesent-

lich geringer als der des Roheiſens; ſelbſt Stahl iſt in der Regel etwas widerſtandsfähiger. Ob bei Schweißeiſen oder bei Flußeiſen die Roſtneigung größer iſt, iſt noch nicht feſtgeſtellt; die Verſchiedenheit der Beimengungen und die Beſchaffenheit der Oberfläche ſcheinen einen großen Einfluß auszuüben.

257. Schmiedeeiſen-erzeugniſſe.

Das Schmiedeeiſen kommt im Handel in außerordentlich verſchiedenen Formen und Abmeſſungen vor. Stabeiſen, Blech, Draht, Nägel, Drahtſtifte, Niete und Schrauben ſind die Haupterzeugniſſe. Das Stabeiſen wird wieder unterſchieden in 1) Stangeneiſen: Rundeiſen, Vierkanteiſen, Flacheiſen und Bandeiſen; 2) Formeiſen, wozu die Stabeiſen mit weniger einfachem Querſchnitt gehören, und 3) Profileiſen. Von den letztgenannten drei Handelsſorten wird im folgenden unter 4 u. 5 und von den übrigen Schmiedeeiſen-Erzeugniſſen unter 6 u. 7 die Rede ſein.

2) Schweißeiſen.

258. Eigenſchaften.

Das Schweißeiſen wird im teigigen Zuſtande durch das Herdfriſch- oder durch das Puddelverfahren hergeſtellt; es iſt nicht ſchlackenfrei.

In älterer Zeit, als man das Roheiſen noch nicht kannte, wurde das ſchmiedbare Metall durch das ſog. Rennverfahren erzeugt, d. h. es fand eine unmittelbare Reduktion der Erze mittels Holzkohlen ſtatt. Dieſer Vorgang hörte faſt ganz auf, als man die Gewinnung des Roheiſens im Hohofen kennen gelernt hatte; von da an wurden Schmiedeeiſen und Stahl aus Roheiſen hergeſtellt.

Um das Roheiſen in Schweißeiſen zu verwandeln, muß ihm Kohlenſtoff entzogen werden; dies geſchieht: α) durch das Friſchen oder Friſchverfahren und β) durch das Flammofenfriſchen oder Puddeln.

Erſteres beſteht darin, daß man den Kohlenſtoff durch Oxydation des ſchmelzenden Roheiſens mittels atmoſphäriſcher Luft oder anderer Sauerſtoff abgebender Körper abſcheidet.

Beim Puddelverfahren wird das Roheiſen im Flammofen mit Steinkohle geſchmolzen; Kohle und Eiſen liegen im Ofen voneinander geſondert, und das Friſchen des Eiſens wird nur durch die aus der Steinkohle entwickelte Flamme hervorgebracht.

Bei beiden Verfahren bildet das Enderzeugnis eine teigige, reich mit Schlacke durchſetzte Eiſenmaſſe. Dieſe muß durch Hämmern, Walzen uſw. zu einem kompakten Stücke verarbeitet und hierauf noch einem Raffinations- (Schweiß-) Prozeß unterworfen werden, um zum brauchbaren Handelserzeugnis zu werden.

Das Schweißeiſen läßt ſich ſchmieden und ſchweißen, aber nicht merklich härten. Es läßt ſich zu Blechen und Stäben auswalzen oder zu Draht ausziehen, wodurch Blech-, Walz- oder Stabeiſen, auch Vierkant-, Rund-, Flach-, Form-, Profil-, Bandeiſen uſw., endlich Walzdraht oder Zugdraht entſtehen. Will man das Material ganz genau bezeichnen, ſo kann man von Schweißeiſenblech Schweißeiſendraht uſw. ſprechen.

Nach den „Normalbedingungen uſw.“ ſoll das Schweißeiſen dicht, gut ſtauch- und ſchweißbar, weder kalt- noch rotbrüchig, noch langriſſig ſein, eine glatte Oberfläche zeigen und darf weder Kantenriſſe noch offene Schweißnähte oder ſonſtige unganze Stellen haben.

Das durch Renn-, Herdfriſch- oder Puddelverfahren erzeugte Schweißeiſen iſt meiſt frei von Phosphor, oder es iſt nur eine ſehr geringe, unſchädliche Menge davon vorhanden.

Dies wird in einfacher Weiſe dadurch erreicht, daß man den Herd, bezw. die Wände des Ofens aus Eiſen herſtellt und mit Eiſenoxyd beſetzt und die anfangs ſich bildende kieſelſäurereiche Schlacke entfernt; der Phosphor ſondert ſich dabei aus dem Roheiſen in ausreichendem Maße (bis zu $^4/_5$ ſeiner urſprünglichen Menge) ab.

259. Ältere Wertbeſtimmung.

Durch die ſchon mehrfach erwähnte „Denkſchrift uſw.“ des Verbandes deutſcher Architekten- und Ingenieur-Vereine wurde im Jahre 1878 für die ver-

ſchiedenen Sorten von Schweißeiſen, unter Zugrundelegung von *Bauſchinger*'ſchen Verſuchen, die nachfolgende vergleichende Wertbeſtimmung feſtgeſtellt.

Stabeiſen.

Qualität I: Mindeſt-Zerreißungsfeſtigkeit . . . . 3800 kg für 1 qcm.
Mindeſt-Zuſammenziehung des Zerreißungsquerſchnittes in Prozenten des urſprünglichen Querſchnittes, alſo Maß der Zähigkeit . . . . 40 Vomhundert.

Qualität II: Mindeſt-Zerreißungsfeſtigkeit . . . . 3500 kg für 1 qcm.
Mindeſt-Zuſammenziehung des Zerreißungsquerſchnittes in Prozenten des urſprünglichen Querſchnittes, alſo Maß der Zähigkeit . . . . 25 Vomhundert.

Eiſenblech.

Qualität I. a) In der Walzrichtung:
Mindeſt-Zerreißungsfeſtigkeit . . . . 3600 kg für 1 qcm.
Mindeſt-Zuſammenziehung des Zerreißungsquerſchnittes in Prozenten des urſprünglichen Querſchnittes, alſo Maß der Zähigkeit . . . . 25 Vomhundert.

b) Quer zur Walzrichtung:
Mindeſt-Zerreißungsfeſtigkeit . . . . 3200 kg für 1 qcm.
Mindeſt-Zuſammenziehung des Zerreißungsquerſchnittes in Prozenten des urſprünglichen Querſchnittes, alſo Maß der Zähigkeit . . . . 15 Vomhundert.

Qualität II. a) In der Walzrichtung:
Mindeſt-Zerreißungsfeſtigkeit . . . . 3500 kg für 1 qcm.
Mindeſt-Zuſammenziehung des Zerreißungsquerſchnittes in Prozenten des urſprünglichen Querſchnittes, alſo Maß der Zähigkeit . . . . 15 Vomhundert.

b) Quer zur Walzrichtung:
Mindeſt-Zerreißungsfeſtigkeit . . . . 3000 kg für 1 qcm.
Mindeſt-Zuſammenziehung des Zerreißungsquerſchnittes in Prozenten des urſprünglichen Querſchnittes, alſo Maß der Zähigkeit . . . . 9 Vomhundert.

Stabeiſen und Eiſenblech dürfen ſich nach dem Zerreißen weder unganz noch an der Oberfläche brüchig zeigen.

Materialien von geringerer Feſtigkeit oder Zähigkeit als einer der feſtgeſetzten Mindeſtwerte würden überhaupt nicht zu klaſſifizieren ſein.

260. Zerreißproben.

Gegenwärtig werden in der Regel die Wertziffern zugrunde gelegt, welche die „Normalbedingungen uſw." als unterſte zuläſſige Grenze feſtſetzen. Danach müſſen bei Zerreißproben betragen:

1) Bei Flacheiſen, Formeiſen (Winkel-, Rund-, Vierkant- und Trägereiſen: I-, C-, Z-, T- und ähnlichen Walzeiſen) und bei ſolchen Blechen, welche im weſentlichen nur in der Längsrichtung beanſprucht werden,

α) Zugfeſtigkeit in der Längsrichtung, wenn Dicke beträgt:
a) 1 cm oder weniger . . . . 3600 kg für 1 qcm,
b) mehr als 1 cm bis einſchl. 1,5 cm . . 3500 kg „ „
c) mehr als 1,5 cm bis einſchl. 2,5 cm . 3400 kg „ „

β) die Dehnung bis zum Bruche in allen Fällen 12 Vomhundert.

2) Bei Blechen mit ausgeſprochener Längsrichtung, welche vorwiegend Biegungsſpannungen aufzunehmen haben (z. B. bei Stegblechen von Blechträgern),

α) Zugfeſtigkeit in der Längsrichtung 3500 kg für 1 qcm,
β) Dehnung 10 Vomhundert,
γ) Zugfeſtigkeit in der Querrichtung 2800 kg für 1 qcm,
δ) Dehnung 3 Vomhundert.

3) Bei Blechen ohne ausgeſprochene Längsrichtung, welche vorwiegend durch Spannungen in verſchiedenen Richtungen beanſprucht ſind (z. B. bei Anſchlußblechen),

α) Zugfeſtigkeit in der Hauptwalzrichtung 3500 kg für 1 qcm,
β) Dehnung 10 Vomhundert,
γ) Zugfeſtigkeit in der Querrichtung 3000 kg für 1 qcm,
δ) Dehnung 4 Vomhundert.

4) Bei Eiſen für Niete, Schrauben u. dergl. bis zu 2½ cm einſchl. Durchmeſſer
α) Zugfeſtigkeit in der Längsrichtung 3800 kg für 1 qcm,
β) Dehnung 18 Vomhundert;

von mehr als 2½ bis einſchl. 4 cm Durchmeſſer
α) Zugfeſtigkeit 3600 kg für 1 qcm,
β) Dehnung 15 Vomhundert.

5) Bei *Zorès*-Eiſen
α) Zugfeſtigkeit 3300 kg für 1 qcm,
β) Dehnung 6 Vomhundert.

261. Biegeproben.

Wenn mit Flacheiſen, Formeiſen oder Blechen Biegeproben vorgenommen werden, ſo müſſen nach den „Normalbedingungen uſw.“ Längsſtreifen über eine Rundung von 13 mm Halbmeſſer winkelförmig gebogen werden können, ohne daß ſich an der Biegungsſtelle ein Bruch im Eiſen zeigt.

Der Winkel α, welchen ein Schenkel bei der Biegung zu durchlaufen hat, beträgt:

für Biegung in kaltem Zuſtande
α = 50 Grad bei Eiſendicken von 8 bis 11 mm,
α = 35 „ „ „ „ 12 „ 15 „ ,
α = 25 „ „ „ „ 16 „ 20 „ ,
α = 15 „ „ „ „ 21 „ 25 „ ;

für Biegung in dunkelkirſchrotem Zuſtande
α = 120 Grad bei Eiſendicken bis zu 25 mm,
α = 90 „ „ „ über 25 „ .

262. Ausbreitproben.

Sollen Winkeleiſen, Flacheiſen oder Bleche Ausbreitproben unterzogen werden, ſo muß nach den „Normalbedingungen uſw.“ ein auf kaltem Wege von den genannten Stücken abgetrennter, 30 bis 50 mm breiter Streifen im rotwarmen Zuſtande mit der parallel zur Faſer geführten, nach einem Halbmeſſer von 15 mm abgerundeten Hammerfinne bis auf das 1½fache ſeiner Breite ausgebreitet werden können, ohne Spuren einer Trennung im Eiſen zu zeigen.

263. Prüfung des Nieteiſens.

Mit Nieteiſen werden Biege- und Stauchproben vorgenommen. Nach den „Normalbedingungen uſw.“ ſoll Nieteiſen kalt gebogen und mit dem Hammer zuſammengeſchlagen eine Schleife mit einem lichten Durchmeſſer gleich dem halben Durchmeſſer des Rundeiſens bilden können, ohne Spuren einer Trennung im Eiſen zu zeigen. Ein Stück Nieteiſen, deſſen Länge gleich dem doppelten Durchmeſſer iſt, ſoll ſich im warmen, der Verwendung entſprechenden Zuſtande bis auf ein Drittel der Länge zuſammenſtauchen laſſen, ohne Riſſe zu zeigen.

3) Flußeiſen.

264. Eigenſchaften.

Mehrfach wurde bereits geſagt, daß man unter Flußeiſen das im flüſſigen Zuſtande nach dem *Beſſemer*-, *Thomas*- oder *Martin*-Verfahren hergeſtellte, ſchlackenfreie Hüttenerzeugnis zu verſtehen hat. Je nach der Darſtellungsweiſe gebraucht man die Bezeichnungen (ſaures) *Beſſemer*-Flußeiſen, (baſiſches) *Thomas*-Flußeiſen, ſowie ſaures und baſiſches *Martin*-Flußeiſen. Auch kann man die Form der Flußeiſen-Erzeugniſſe kennzeichnen, indem man die Benennungen Flußeiſenblech, Flußeiſendraht uſw. gebraucht.

Der Phosphorgehalt des Roheiſens beſtimmt die Art, wie das im Konverter oder im *Martin-Siemens*-Ofen durchzuführende Verfahren vor ſich gehen muß. Hat man ganz oder nahezu phosphorfreie Roheiſen, ſo wird in beiden Fällen der Prozeß ſauer, im gegenteiligen Falle baſiſch geführt, d. h. es richtet ſich hiernach das Ausfütterungs-, bezw. Ausmauerungsmaterial der Konverter oder der Öfen.

Beim ſauren oder *Beſſemer*-Verfahren wird geſchmolzenes Roheiſen durch Einführen von Luft in Flußeiſen umgewandelt. Das *Martin*-Verfahren beſteht darin, daß man im Flammofen durch Miſchung von Schmiedeeiſen mit flüſſigem (weißem oder grauem) Roheiſen Flußmetall erzeugt; da aber dieſer Vorgang erſt dann gute Erzeugniſſe lieferte, als man die von *C. W. & F. Siemens* erfundene Regeneratorfeuerung in Anwendung brachte, nennt man ihn auch *Martin-Siemens*-Verfahren.

Durch die genannten Verfahren kann man nur dann ein phosphorfreies Flußmetall hervorbringen, wenn man ein reines, ſiliciumhaltiges Roheiſen, das ſog. *Beſſemer*-Roheiſen, benutzt. Beim baſiſchen oder *Thomas*-Verfahren, welches von *Thomas* und *Gilchriſt* herrührt, geſchieht die Erzeugung von genügend phosphorfreiem Flußmetall durch Anwendung feuerfeſter baſiſcher Ziegel als Futter[169]); der Grundgedanke dieſes Vorganges beruht überhaupt darauf, daß man eine baſiſche Schlacke zu erzielen trachtet, alſo eine Schlacke, welche nicht zu viel Kieſelſäure (höchſtens 20 Vomhundert) enthält und nicht zu viel Phosphorſäure (höchſtens 12 Vomhundert) aufzunehmen braucht.

In der zweiten Hälfte der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts übertrug man den baſiſchen Vorgang des *Thomas*-Verfahrens auf das bis dahin ſaure *Martin*-Verfahren und erzeugte nunmehr auch baſiſches *Martin*-Eiſen.

Bei allen dieſen Verfahren iſt die Temperatur, unter welcher die Herſtellung der gewünſchten Eiſenſorte geſchieht, bis zum Schluſſe eine ſo hohe, daß ſelbſt das weichſte ſchmiedbare Eiſen, deſſen Schmelzpunkt ſehr hoch liegt, im geſchmolzenen Zuſtande erhalten wird. Da nun Eiſen und Schlacke verſchiedenes Eigengewicht haben, erfolgt in der feurig-flüſſigen Maſſe eine vollſtändige Trennung der beiden, ſo daß meiſt ein ſchlackenfreies Erzeugnis von homogener Struktur entſteht.

Wenn das Roheiſen im Puddelofen verarbeitet wird, ſo entſteht, wie früher bereits geſagt, Schweißeiſen, welches eine ähnliche Beimengung an Kohlenſtoff hat, wie Flußeiſen, ſich aber von dieſem infolge ſeiner gänzlich verſchiedenen Erzeugungsweiſe – es geht während des Puddelns nicht in einen flüſſigen Zuſtand über, ſondern erweicht nur zu einer teigigen Maſſe – durch andere Feſtigkeits- und Zähigkeitseigenſchaften unterſcheidet.

Auf letztere übt der Kohlenſtoffgehalt den beſtimmenden Einfluß aus, und zwar wird das Flußmetall davon in ſo empfindlicher Weiſe beeinflußt, daß ſehr geringe Änderungen ſchon große Unterſchiede in den genannten Eigenſchaften hervorrufen. Mit wachſendem Kohlenſtoffgehalt nimmt die Feſtigkeit zu und die Zähigkeit ab.

Flußeiſen beſitzt eine größere Feſtigkeit und eine höhere Streckgrenze als Schweißeiſen, ſo daß es bei gleichem Sicherheitsgrade höher als letzteres beanſprucht werden kann. Indes darf man in dieſer Beziehung nicht zu weit gehen. Man kann allerdings Flußmetall herſtellen, welches man doppelt ſo ſtark beanſpruchen könnte als Schweißeiſen; allein ein ſolches Metall enthält bereits ſo viel Kohlenſtoff, daß es härtbar iſt und alle jene gefährlichen Eigenſchaften zeigt, die ſich der Berechnung entziehen. Deshalb verwende man für die Baukonſtruktionen kein hartes Metall, ſondern weiches, zähes Flußeiſen, welches 4000 bis 4200^{kg} Zugfeſtigkeit für 1^{qcm} beſitzt und 25 bis 30 Vomhundert Dehnung aufweiſt; ein ſolches Metall geſtattet eine Beanſpruchung, die etwa um $^1/_4$ höher iſt als diejenige des Schweißeiſens. Für Preußen hat der Miniſter der öffentlichen Arbeiten 1897 angeordnet, daß für diejenigen Bauteile von Bahnſteighallen und eiſernen Dachbindern, deren Querſchnittsgröße durch das Eigengewicht und den Schneedruck allein bedingt iſt, eine Beanſpruchung des Flußeiſens mit 1200^{kg} für 1^{qcm} zu wählen iſt; bei denjenigen Teilen, deren größte Spannung bei gleichzeitiger ungünſtigſter Wirkung des Eigengewichtes, der Schneelaſt und des Winddruckes

[169]) Die baſiſchen Stoffe für die Erzeugung ſolcher Futter ſind gegenwärtig meiſt Chromeiſenſtein, totgebrannter Dolomit und Teer, Magneſit.

ſtattfindet, iſt eine Beanſpruchung von 1600 kg für 1 qcm zuzulaſſen. Bei Schweißeiſen ſind dieſe Werte um 10 Vomhundert zu ermäßigen.

Das Flußeiſen wird allerdings um ſo weicher, je weniger Kohlenſtoff es enthält; allein es verringert ſich dabei nicht bloß ſeine Feſtigkeit, ſondern Flußeiſen von zu kleinem Kohlenſtoffgehalt wird rotbrüchig. Sonach iſt Flußeiſen, welches zu Baukonſtruktionen verwendet werden ſoll, nicht bloß auf ſeine Weichheit, ſondern auch auf Rotbrüchigkeit zu prüfen [163]).

Das Flußeiſen ſoll, wenn es für Baukonſtruktionen beſtimmt iſt, nach den „Normalbedingungen uſw.“ eine glatte Oberfläche ohne Schiefer und Blaſen zeigen und darf weder Kantenriſſe noch unganze Stellen haben.

Das Flußeiſen läßt ſich ſchmieden; dabei werden beſonders die oberen und unteren Schichten verdichtet, und bei zu geringem Hammergewicht wird das Material verdorben. Durch das Schweißen verliert das Flußeiſen an Feſtigkeit; deshalb ſollen Schweißungen tunlichſt vermieden werden. Beim Preſſen oder Walzen des Flußeiſens erfolgt eine gleichmäßige Verdichtung desſelben; das Eiſen wird feſter und zuverläſſiger.

265. Verwendung zu Baukonſtruktionen.

Bis in die neueſte Zeit wurde auf dem Gebiete der Baukonſtruktionen das ſaure *Martin*-Flußeiſen dem *Thomas*-Flußeiſen vorgezogen; dies dürfte wohl ſeinen Grund darin haben, daß das *Martin*-Verfahren 13 Jahre älter iſt als die Erfindung der Entphosphorung in der *Beſſemer*-Birne, und daß man die Überzeugung zu haben glaubte, es ſei für den *Martin*-Betrieb leichter, fehlerhafte Sätze zu vermeiden, als dies beim Konverterbetrieb der Fall iſt. Das ſaure *Martin*-Metall konnte daher ein weites Gebiet der Konſtruktionen erobern, ehe das anfangs mit Widerwärtigkeiten kämpfende *Thomas*-Verfahren allgemeiner bekannt wurde. Gegenwärtig werden in Deutſchland *Thomas*-Metall und baſiſches *Martin*-Metall als nahezu ebenbürtig angeſehen.

In anderen Staaten, namentlich in Öſterreich, haben eine Anzahl vorgenommener vergleichender Prüfungen der verſchiedenen Konſtruktionsmaterialien zur Entſcheidung veranlaßt, daß *Thomas*-Flußeiſen für die Zwecke der Brückenbau-Konſtruktionen auszuſchließen ſei.

266. Zerreißproben.

Bezüglich der Anforderungen, die an ein zu Baukonſtruktionen geeignetes Flußeiſen zu ſtellen ſind, können auch hier die „Normalbedingungen uſw.“ als maßgebend angeſehen werden.

Nach dieſen ſoll, wenn Flußeiſenſtücke Zerreißproben unterzogen werden, für Material von 7 bis 28 mm Dicke betragen:

- in der Längsrichtung die Zugfeſtigkeit mindeſtens 3700, höchſtens 4400 kg für 1 qcm; die Dehnung mindeſtens 20 Vomhundert;
- in der Querrichtung die Zugfeſtigkeit mindeſtens 3600, höchſtens 4500 kg für 1 qcm; die Dehnung mindeſtens 17 Vomhundert;
- bei Niet- und Schraubenmaterial die Zugfeſtigkeit mindeſtens 3600, höchſtens 4200 kg für 1 qcm; die Dehnung mindeſtens 22 Vomhundert.

267. Biege- und Rotbruchproben.

Sind mit Flacheiſen, Formeiſen und Blechen Biegeproben vorzunehmen, ſo ſind nach den „Normalbedingungen uſw.“ ſowohl Längs- als auch Querſtreifen hellrotwarm zu machen, in Waſſer von etwa 28 Grad C. abzuſchrecken und dann ſo zuſammenzubiegen, daß ſie eine Schleife bilden, deren Durchmeſſer an der Biegeſtelle gleich iſt: bei Längsſtreifen der einfachen, bei Querſtreifen der doppelten Dicke des Verſuchsſtückes. Hierbei dürfen an Längsſtreifen keine Riſſe entſtehen; bei Querſtreifen ſind unweſentliche Oberflächenriſſe zuläſſig.

Wenn dieſelben Eiſengattungen Rotbruchproben zu unterziehen ſind, ſo ſoll ein im rotwarmen Zuſtande auf 6 mm Dicke und etwa 40 mm Breite abgeſchmiedeter Probeſtreifen mit einem ſich verjüngenden Lochſtempel, der 80 mm lang iſt und

[163]) Siehe: Weyrich. Das Flußeiſen als Konſtruktions-Material. Deutſche Bauz. 1890, S. 95, 107.

20 mm Durchmesser am dünnen, 30 mm am dicken Rande hat, im rotwarmen Zustande gelocht werden. Das 20 mm weite Loch soll dann auf 30 mm erweitert werden, ohne daß hierbei ein Einriß im Probestreifen entstehen darf.

268. Prüfung von Niet- und Schraubeneisen.

Niet- und Schraubenmaterial wird auch bei Flußeisen Biege- und Stauchproben unterworfen. Für Biegeproben sind nach den „Normalbedingungen usw." Rundeisenstäbe hellrotwarm zu machen, in Wasser von etwa 20 Grad C. abzuschrecken und dann so zusammenzubiegen, daß sie eine Schleife bilden, deren Durchmesser an der Biegestelle gleich der halben Dicke des Versuchsstückes ist; hierbei dürfen keine Risse entstehen. Ein Stück Schrauben- oder Nieteisen, dessen Länge gleich dem doppelten Durchmesser ist, soll sich im warmen, der Verwendung entsprechenden Zustande bis auf ein Drittel seiner Länge zusammenstauchen lassen, ohne Risse zu zeigen.

269. Gußwaren.

Aus Flußeisen lassen sich in fertiger Form Gegenstände (Maschinenbestandteile usw.) durch Guß herstellen, wodurch Flußeisen-Gußwaren entstehen.

Die gegossenen und gepreßten Flußeisenwaren von *Krupp* besitzen im allgemeinen die gleichen Festigkeitseigenschaften wie Walzflußeisen. Ihre Vorzüge dem Gußeisen gegenüber sind große Weichheit und Dehnbarkeit, Schmiedbarkeit und selbst Schweißbarkeit.

4) Rund-, Vierkant-, Band- und Formeisen.

270. Stangeneisen.

Das Stangeneisen wird als Grobeisen und Feineisen unterschieden; nach *Karmarsch* liegt die Grenze bei etwa 7 qcm Querschnittsfläche.

Das Stangeneisen wird in stärkeren Sorten einzeln gewogen und danach verkauft; schwächere Sorten werden in Bündeln oder Bänden (häufig zu 50 kg), mit einem eisernen Reifen zusammengebunden, gehandelt. Die Abmessungen sind indes sehr verschieden.

271. Rund- und Vierkanteisen.

α) Rund- und Vierkant-(Quadrat-)Eisen. Der zollvereinsländische Eisenhütten-Verein hat hierfür folgende Abstufungen (Skala) der Abmessungen aufgestellt:

Die Durchmesser, bezw. Dicken steigen
zwischen 5 mm bis 30 mm um je 1 mm,
„ 31 mm „ 80 mm „ „ 2 mm,
über 80 mm „ „ „ 5 mm.

Beim englischen Rundeisen steigen die Durchmesser
zwischen 1/4 bis 2 1/4 Zoll (3,2 bis 57,2 mm) um je 1/16 Zoll (1,6 mm),
„ 2 3/8 „ 4 1/4 „ (60,3 „ 108,0 mm) „ „ 1/8 „ (3,2 mm),
„ 4 1/2 „ 7 „ (114,3 „ 177,8 mm) „ „ 1/4 „ (6,4 mm).

Beim englischen Quadrateisen steigen die Dicken
zwischen 1/4 bis 2 Zoll (6,4 bis 50,8 mm) um je 1/16 Zoll (1,6 mm),
„ 2 1/8 „ 4 „ (54,0 „ 101,6 mm) „ „ 1/8 „ (3,2 mm).

Für Rund- und Vierkanteisen bestehen auch folgende Normalien:

Dicke, bezw. Durchmesser	Gewicht		Dicke, bezw. Durchmesser	Gewicht		Dicke, bezw. Durchmesser	Gewicht		Dicke, bezw. Durchmesser	Gewicht		Dicke, bezw. Durchmesser	Gewicht	
	□	○		□	○		□	○		□	○		□	○
5	0,20	0,15	14	1,53	1,20	23	4,13	3,24	38	11,26	8,85	56	24,46	19,21
6	0,28	0,22	15	1,76	1,38	24	4,49	3,53	40	12,48	9,80	58	26,24	20,61
7	0,38	0,30	16	2,00	1,57	25	4,88	3,83	42	13,76	10,81	60	28,10	22,05
8	0,50	0,39	17	2,25	1,77	26	5,27	4,14	44	15,10	11,86	62	29,98	23,55
9	0,63	0,50	18	2,53	1,99	28	6,12	4,80	46	16,51	12,96	65	32,96	25,88
10	0,78	0,61	19	2,82	2,21	30	7,02	5,51	48	17,97	14,12	70	38,22	30,02
11	0,94	0,74	20	3,12	2,45	32	7,99	6,27	50	19,50	15,32	80	49,92	39,21
12	1,12	0,88	21	3,44	2,70	34	9,02	7,08	52	21,09	16,57	90	63,18	49,62
13	1,32	1,04	22	3,78	2,97	36	10,11	7,94	54	22,75	17,80	100	78,00	61,26
Millim.	Kilogr. für 1 Meter		Millim.	Kilogr. für 1 Meter		Millim.	Kilogr. für 1 Meter		Millim.	Kilogr. für 1 Meter		Millim.	Kilogr. für 1 Meter	

272.
Flacheiſen.

β) Flacheiſen. Die vom genannten Eiſenhütten-Verein aufgeſtellten Abſtufungen (Skala) ſetzen feſt:

Die Breiten ſteigen

von	14 bis 40 mm	um je 2 mm,	Dicke nicht unter 3 mm,
„	42 „ 70 mm	„ „ 2 oder 4 mm,	„ „ „ 4 mm,
„	72 „ 100 mm	„ „ 5 mm,	„ „ „ 5 mm,
über	100	„ „ 5 mm,	„ „ „ 7 mm.

Das engliſche Flacheiſen hat folgende Abmeſſungen:

Dicke		1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2 Zoll,
		(6,4)	(9,5)	(12,7)	(16,0)	(19,1)	(22,2)	(25,4)	(28,6)	(31,8)	(35,0)	(38,1 Millim.)
Breite	von	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3 Zoll,
		(12,7)	(19,1)	(25,4)	(31,8)	(38,1)	(44,5)	(50,8)	(57,2)	(63,5)	(70,0)	(76,2 Millim.)
	bis	6	9	12	15	16	14	15	13	12	11	10 Zoll,
		(152,4)	(228,6)	(304,8)	(381,0)	(406,4)	(355,6)	(381,0)	(330,2)	(304,8)	(279,4)	(254 Millim.)

273.
Bandeiſen.

γ) Bandeiſen. Vom gleichen Vereine ſind folgende Abſtufungen der Abmeſſungen aufgeſtellt worden:

Die Breite ſteigt

von	12 mm auf 14 mm	mit 1 mm,
zwiſchen	15 mm bis 40 mm	„ 2 mm,
„	42 mm „ 70 mm	„ 2 oder 4 mm,
über	70 mm	„ 5 mm.

Die Bandeiſenlehre ſtellt ſich nach dieſen Geſetzen der Dicke nach wie folgt:

Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Dicke	5,5	5,25	5	4,75	4,5	4,25	4	3,75	3,5	3,25	3	2,75	2,25	2,25	2	1,75	1,5	1,25 mm.

Die Nummern ſind gegenüber der alten Lehre ſtärker, d. h. die alte Lehre hatte Nr. 5, wo die neue Lehre Nr. 1 hat; beide haben aber von Nr. 11 an gleichen Wert, weil in der neuen Lehre mehrere Nummern wegen der geſetzmäßigen Dickendifferenz eingeſchoben ſind.

Die engliſche Bandeiſenlehre hiermit vereinigt, ergeben ſich folgende Normalabmeſſungen:

Breite:		Dicke:	Engl. Lehre:
13 bis 18 mm	1-fach	= 1 1/4 mm =	Nr. 18
	1 1/2 „	= 2 „ =	„ 14
	2 „	= 2 1/2 „ =	„ 12 1/2
	3 „	= 3 1/2 „ =	„ 10
20 bis 24 „	1 „	= 1 1/4 „ =	„ 18
	1 1/2 „	= 2 „ =	„ 14
	2 „	= 2 1/2 „ =	„ 12 1/2
	3 „	= 3 1/2 „ =	„ 10
26 bis 28 „	1 „	= 1 1/2 „ =	„ 16
	1 1/2 „	= 2 1/4 „ =	„ 13
	2 „	= 2 3/4 „ =	„ 11 1/2
	3 „	= 3 1/2 „ =	„ 10
30 „	1 „	= 1 3/4 „ =	„ 15
	1 1/2 „	= 2 1/4 „ =	„ 13
	2 „	= 2 3/4 „ =	„ 11 1/2
	3 „	= 3 1/2 „ =	„ 10
32 bis 36 „	1 „	= 1 3/4 „ =	„ 15
	1 1/2 „	= 2 1/4 „ =	„ 13
	2 „	= 2 3/4 „ =	„ 11 1/2
	3 „	= 3 1/2 „ =	„ 10
38 bis 44 mm	1-fach	= 2 mm =	Nr. 14
	1 1/2 „	= 2 1/2 „ =	„ 12 1/2
	2 „	= 3 „ =	„ 11
	3 „	= 3 3/4 „ =	„ 9 1/2
46 bis 60 „	1 „	= 2 1/4 „ =	„ 13
	1 1/2 „	= 2 3/4 „ =	„ 11 1/2
	2 „	= 3 1/2 „ =	„ 10
	3 „	= 4 1/4 „ =	„ 8
62 bis 70 „	1 „	= 2 1/2 „ =	„ 12 1/2
	1 1/2 „	= 3 „ =	„ 11
	2 „	= 3 3/4 „ =	„ 9 1/2
	3 „	= 4 1/2 „ =	„ 7 1/2
75 bis 90 „	1 „	= 2 3/4 „ =	„ 11 1/2
	1 1/2 „	= 3 1/2 „ =	„ 10
	2 „	= 4 1/4 „ =	„ 8
	3 „	= 5 1/4 „ =	„ 6
90 bis 105 „	1 „	= 3 „ =	„ 11
	1 1/2 „	= 3 3/4 „ =	„ 9 1/2
	2 „	= 4 1/4 „ =	„ 7 1/2
	3 „	= 5 1/2 „ =	„ 5

Für Band- und Stangeneifen beftehen auch folgende Normalien:

d = Dicke, b = Breite (in Millim.)

d =	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	20	Millim.
b	Gewicht (in Kilogr.) für 1 lauf. Met.																	
25	0,20	0,39	0,59	0,78	0,98	1,17	1,37	1,56	1,76	1,95	2,15	2,34	2,54	2,73	2,93	3,12	3,90	
30	0,23	0,47	0,70	0,94	1,17	1,40	1,64	1,87	2,11	2,34	2,57	2,81	3,04	3,28	3,51	3,74	4,68	
35	0,27	0,55	0,82	1,09	1,40	1,64	1,91	2,18	2,46	2,73	3,00	3,28	3,55	3,82	4,10	4,37	5,46	

d =	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	Millim.
40	1,25	1,56	1,87	2,18	2,50	2,81	3,12	3,43	3,74	4,37	4,99	5,62	6,24	
45	1,40	1,76	2,11	2,46	2,81	3,16	3,51	3,86	4,21	4,91	5,62	6,32	7,02	
50	1,56	1,95	2,34	2,73	3,12	3,51	3,90	4,29	4,63	5,46	6,24	7,02	7,80	
55	1,72	2,15	2,57	3,00	3,43	3,86	4,29	4,72	5,15	6,01	6,86	7,72	8,58	
60	1,87	2,34	2,81	3,28	3,74	4,21	4,68	5,15	5,62	6,55	7,49	8,42	9,36	
65	2,03	2,54	3,04	3,55	4,06	4,56	5,07	5,58	6,08	7,10	8,11	9,13	10,14	
70	2,18	2,73	3,28	3,82	4,37	4,91	5,46	6,01	6,55	7,64	8,74	9,83	10,92	
75	2,34	2,93	3,51	4,10	4,68	5,27	5,85	6,44	7,02	8,19	9,36	10,53	11,70	
80	2,50	3,12	3,74	4,37	4,99	5,62	6,24	6,86	7,49	8,74	9,98	11,23	12,48	
85	2,65	3,32	3,98	4,64	5,30	5,97	6,63	7,29	7,96	9,28	10,61	11,93	13,26	
90	2,81	3,51	4,21	4,99	5,62	6,32	7,02	7,72	8,42	9,83	11,23	12,64	14,04	
95	2,96	3,71	4,45	5,11	5,93	6,67	7,41	8,15	8,89	10,37	11,86	13,64	14,82	
100	3,12	3,90	4,68	5,46	6,24	7,02	7,80	8,58	9,36	10,92	12,43	14,04	15,60	
Millim.	Kilogramm für 1 lauf. Met.													

Der zweite öfterreichifch-ungarifche Eifenberatungstag hat folgende Normalabmeffungen des Stangeneifens aufgeftellt:

Die Abmeffungen des Rund-, Vierkant- und Flacheifens nehmen zu

von 5 bis 20 mm um 1 mm,
„ 20 „ 50 mm „ 2 mm,
„ 50 „ 100 mm „ 5 mm.

Kleinfte Dicke für Rund- und Vierkanteifen 5 mm, größte Dicke 100 mm; für Flacheifen find 10 mm und 100 mm Grenzwerte für die Breite; größte Dicke $^1/_2$ der Breite.

Stangeneifen wird gewöhnlich in Bündeln von 50 kg gebunden. Die bisherigen Bezeichnungen desfelben: Schließen-, Radreif-, Stegreif-, Rahm-, Rahmlehreifen ufw. — haben im Handel zu entfallen und ift dasfelbe nur nach Abmeffungen zu bezeichnen, und zwar durch einen Bruch, deffen Zähler die Breite und deffen Nenner die Dicke angibt. Rundeifen ift durch einen vor die Durchmefferzahl gefetzten ○ und Vierkanteifen durch □ zu bezeichnen.

Die geringfte und größte Breite des Bandeifens ift 10 und 100 mm; diefelbe nimmt um je 5 mm zu. Die geringfte Dicke ift 1 mm und fteigt von Zehner zu Zehner um 0,25 mm. Das Bandeifen wird für jede Breite in 4 Dicken erzeugt, welche gegen die geringfte um je 0,5 mm zunehmen. Bandeifen wird wie Flacheifen bezeichnet. Die Normallänge von Stangeneifen ift 3 m.

274. Formeifen.

δ) Formeifen, auch Faffoneifen genannt. Die im Handel vorkommenden Formeifen haben, je nach dem beabfichtigten Zwecke, eine fehr mannigfache Profilform erhalten; faft jedes Hüttenwerk erzeugt ihm eigentümliche Formeifen, und naturgemäß kann hier von einheitlichen Abftufungen der Abmeffungen kaum die Rede fein. Aus gleichem Grunde wird folches Eifen auch nur nach Gewicht gehandelt.

Die gebräuchlichften Formeifen find die folgenden.

α) Halbrundeifen (Fig. 34 u. 35), mit halbkreisförmigem oder damit verwandtem Querfchnitt; die fchmalften Halbrundeifen haben in der Regel 10 mm Dicke.



Fig. 34. Fig. 35.

b) Fenſtereiſen, auch Sproſſeneiſen genannt (Fig. 36 bis 48), welche zur Herſtellung von Fenſtern, bei der Ausführung von Glashäuſern, Deckenlichtern und zur Anfertigung einzelner Sproſſen bei ſonſt aus Holz beſtehenden Fenſtern und Türen benutzt werden. Es gibt eine Unzahl verſchiedenartigſter Profile und beliebiger Abmeſſungen; man unterſcheidet halbe und ganze Fenſtereiſen. Neueſtens werden ſtatt ſolcher Formeiſen vielfach profilierte Stäbe aus Zinkblech mit oder ohne Eiſenkern benutzt.

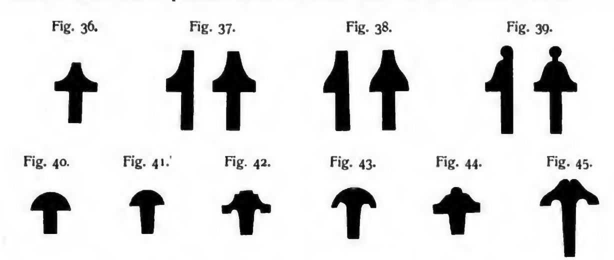


Fig. 36. Fig. 37. Fig. 38. Fig. 39.

Fig. 40. Fig. 41. Fig. 42. Fig. 43. Fig. 44. Fig. 45.

c) Geländereiſen (Fig. 49 bis 55), welche vorzugsweiſe zur Herſtellung von Handleiſten und ſonſtigen Geländerteilen für Terraſſen, Balkone, Treppen uſw. benutzt werden. Sie bekommen häufig ähnliche Formen wie die Holzleiſten, was indes der Struktur des Materials nicht ganz entſpricht und wodurch ſie auch ein großes Gewicht erhalten. Man hat deshalb mit Vorteil hohle und abgeplattete Ringſegmentprofile angewendet; doch kommen auch abgeplattete Rundeiſen, Flacheiſen uſw. vor.

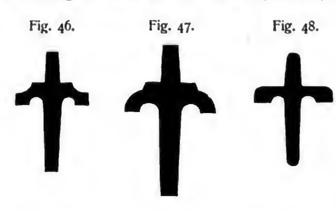


Fig. 46. Fig. 47. Fig. 48.

Für Handleiſteneiſen (Fig. 50 u. 55) haben der Verband deutſcher Architekten- und Ingenieurvereine und der Verein deutſcher Ingenieure im Jahre 1881 die nachſtehenden Normalprofile aufgeſtellt:





Fig. 49.

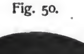




Fig. 50.



Fig. 51.





Fig. 52.



Fig. 53.

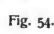
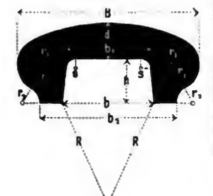




Fig. 54.

Fig. 55.

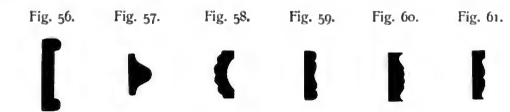


Nr. des Profils	Hauptabmeſſungen				Querſchnittsfläche	Gewicht für 1 m
	B	Höhe H	b	h		
4	40	18	20	10	4,2	3,3
6	60	27	30	15	9,4	7,36
8	80	36	40	20	16,7	13,0
10	100	45	50	25	26,1	20,4
12	120	54	60	30	37,5	29,3
	Millimeter				Quadr.-Zentim.	Kilogr.

$R = B$
$H = 0{,}45\ B$
$d = 0{,}2\ B$
$b = 0{,}5\ B$
$h = 0{,}25\ B$
$r_1 = 0{,}15\ B$
$r_2 = 0{,}1\ B$
$\varrho = 0{,}05\ B$
$b_1 = 0{,}45\ B$
$b_2 = 0{,}75\ B$

b) Zierleifteneifen (Fig. 56 bis 61). Diefe dienen im wefentlichen zu dekorativen Zwecken; die Profilabmeffungen der am meiften im Handel vorkommenden Eifen diefer Art dürften zwifchen 18×8 mm und 28×10 mm gelegen fein.

Fig. 56. Fig. 57. Fig. 58. Fig. 59. Fig. 60. Fig. 61.



In neuerer Zeit werden auch Zierleifteneifen hergeftellt, welche glatte Gefimfe mit einer größeren Zahl von Gliedern bilden, desgleichen folche, welche im Auswalzen zu fkulpierten Gefims-

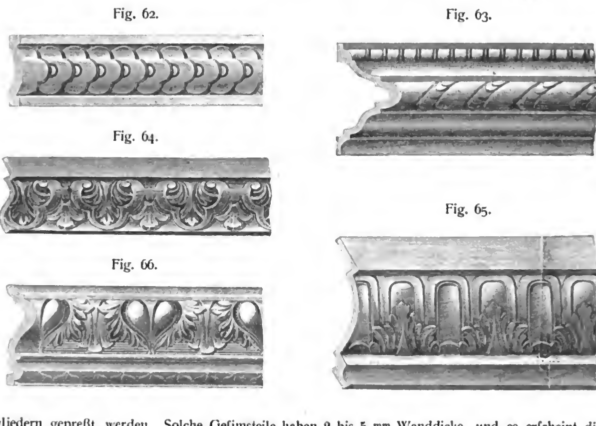


Fig. 62. Fig. 63. Fig. 64. Fig. 65. Fig. 66.

gliedern gepreßt werden. Solche Gefimsteile haben 2 bis 5 mm Wanddicke, und es erfcheint die Skulpierung, die ein mäßig hohes Relief aufweift, in Form einer Reihung oder Wechfelreihung von Blättern, Rofetten, Scheiben, Perlen, Pyramiden, verfchlungenen Flachranken, Bandgeflechten, Mäandern ufw. Früher wurden folche Stäbe nur fehr fchmal und in ganz flachem Relief ausgewalzt; jetzt werden fie auch in größerer Breite, bis zu 20 und 25 cm, mit weit kräftigerem Relief und viel fchärferer Modellierung erzeugt (Fig. 62 bis 66[164]).

Fig. 67.

c) Kreuzeifen (Fig. 67[165]), deren Anwendung heutzutage eine befchränkte ift und die den Übergang zu den eigentlichen Walzeifen bilden.

f) Endlich fei noch der Gruben- und Eifenbahnfchienen gedacht, welche teils im gebrauchten, teils im neuen Zuftande vielfach zu Trägern ufw. benutzt werden.

---

[164]) Die in Fig. 62 bis 65 dargeftellten Ziereifen find dem Mufterbuch des Faffoneifenwalzwerkes *L. Mannftädt & Co.* in Kalk bei Köln entnommen und gefetzlich gefchützt.

[165]) Fig. 34, 36 bis 38, 43, 49 u. 53 find dem Profilbuch des „Aachener Hütten-Aktien-Vereins Rote Erde" bei Aachen, Fig. 35, 39 bis 42, 44, 45, 50 bis 54, 56 bis 61 u. 67 dem Profilbuch der „Lothringer Eifenwerke Ars a. d. Mofel" und Fig. 46 bis 48 dem Profilbuch der „Aktiengefellfchaft für Eifeninduftrie" zu Styrum in Oberhaufen entnommen, fämtlich in $^{1}/_{1}$ w. Gr. dargeftellt.

5) Profileifen.

275.
Normalprofile.

Auch die im nachftehenden vorzuführenden L-, T-, [-, I-, Z-, Belag- und Quadranteifen find zu den vorerwähnten Formeifen zu zählen; im vorliegenden follen fie indes, wie dies in neuerer Zeit immer gebräuchlicher wird, Profileifen genannt werden, obwohl auch diefe Bezeichnung nicht ganz zutreffend ift, da einige der bereits vorgeführten Handelsforten mit dem gleichen Namen belegt werden können. Aus gleichem Grunde ift die fonft auch übliche Bezeichnung „Walzeifen" nicht kennzeichnend genug. Die T-, I-, [-, und Z-Eifen werden bisweilen Trägereifen geheißen.

Seit langem war es das Beftreben der Fachmänner, für die Walzeifen fachgemäße Profilnormen aufzuftellen, wodurch Erzeuger und Verbraucher in die Lage verfetzt würden, ftatifch günftige Profileifenformen bei möglichft geringem Materialaufwand und tunlichft erleichterter Fabrikation zu erzeugen, bezw. in Anwendung zu bringen. Der öfterreichifche Ingenieur- und Architektenverein ftellte bereits im Jahre 1865 „Typen für gewalzte Eifenträger" auf, welche fpäter (1877) durch Umrechnung des früheren Maßes in das metrifche Maß und Gewicht einige Abänderungen[166]) erfahren haben; am Ende des Jahres 1881 wurden von diefem Verein „Neue Typen für gewalzte Träger und einige andere Walzeifenforten" und im Jahre 1892 „Typen für Walzeifen" aufgeftellt[167]). In Deutfchland hat eine hierzu beauftragte Kommiffion von Fachmännern in den Jahren 1879—83 die im nachftehenden mitgeteilten „Deutfche Normalprofile für Walzeifen" vorgefchlagen; fie wurden vom Verband deutfcher Architekten- und Ingenieurvereine, vom Verein deutfcher Ingenieure und vom Technifchen Verein für Eifenhüttenwefen gutgeheißen und angenommen[168]). Infolgedeffen find diefe Profile im Jahre 1881 in einem „Deutfchen Normalprofil-Buch für Walzeifen"[169]) niedergelegt worden.

Die Einführung der „Deutfchen Normalprofile" hat bereits günftige Fortfchritte gemacht. Der deutfche Reichskanzler fowohl, als auch der preußifche Minifter der öffentlichen Arbeiten haben im erften Halbjahr 1881 die Anordnung getroffen, daß diefe Profile im Intereffe der Eifeninduftrie bei vorkommenden Fällen in Anwendung zu bringen find, foweit nicht durch die Eigentümlichkeit einzelner Konftruktionen und Kombinationen andere Profilformen notwendig werden. Auch die Kaiferl. Marineadmiralität und zahlreiche deutfche Regierungen haben Verfügungen in ähnlichem Sinne erlaffen.

Ebenfo haben die deutfchen Walzwerke fofort die größte Bereitwilligkeit zur Herftellung der „Deutfchen Normalprofileifen" ausgefprochen und den größten Teil ihrer Walzen dementfprechend umgeändert. Im Juli 1886 wurden tatfächlich von den 185 feftgeftellten Normalprofilen bereits 183 erzeugt.

---

166) Siehe die Zeitfchrift diefes Vereines 1865, S. 14 und 1877, S. 18.

167) Siehe ebendaf. 1882, S. 7; 1892, S. 648.

168) Siehe über die bezüglichen Verhandlungen: Deutfche Bauz. 1880, S. 1 und 1881, S. 61, fowie: Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1879, S. 181, 210, 217 und 1880, S. 405.

169) Im Auftrage und im Namen der vom Verbande deutfcher Architekten- und Ingenieurvereine und vom Vereine deutfcher Ingenieure niedergefetzten Kommiffion zur Aufftellung von Normalprofilen für Walzeifen bearbeitet und herausgegeben von Dr. F. Heinzerling und O. Intze. Aachen 1881. — 5. Aufl. 1897.

α) Normalprofile für gleichfchenkelige Winkeleifen (Fig. 68).

$d_{min} = 0{,}1\ b$ für $b < 100$ mm

$d_{min} = \frac{1}{11}\ b$ für $b \geqq 100$ mm

$R = \frac{d_{min} + d_{max}}{2}$; $r = \frac{R}{2}$ (auf halbe mm abgerundet). Die Hauptachfen find $\begin{cases} XX \text{ als Winkelhalbierende} \\ YY \perp XX. \end{cases}$

Fig. 68.

Profil-Nr.	Abmeffungen der Profile b mm	d mm	R mm	r mm	Quer-fchnitt F qcm	Ge-wicht G kg/m	Abftände der Hauptachfen und des Schwerpunkts (S_o) w cm	e cm	v cm	Momente für die Biegungsachfe XX: Träg-heits-moment T_x cm⁴	Wider-ftands-moment $W_x = \frac{T_x}{w}$ cm³	Momente für die Biegungsachfe YY: Träg-heits-moment T_y cm⁴	Wider-ftands-moment $W_y = \frac{T_y}{e}$ cm³	Ver-hältnis $\frac{W_x}{W_y} = u$	Zwei zufammengefetzte Winkeleifen. Kleinfte Momente für die Biegungsachfe XX: Quer-fchnitt $2F$ qcm	Ge-wicht $2G$ kg/m	Träg-heits-moment T_2 cm⁴	Wider-ftands-moment $W_2 = \frac{T_2}{v}$ cm³	Vier zufammengefetzte Winkeleifen. Kleinfte Trägheitsmomente und kleinfte Widerftandsmomente für die Biegungsachfe XX oder YY: Quer-fchnitt $4F$ qcm	Ge-wicht $4G$ kg/m	Träg-heits-moment T_4 cm⁴	Wider-ftands-moment $W_4 = \frac{T_4}{b}$ cm³	Profil-Nr.
1½	15	3	3,5	2	0,82	0,64	1,06	0,67	1,02	0,24	0,23	0,06	0,08	2,76	1,64	1,28	0,30	0,29	3,28	2,56	1,33	0,99	1½
		4			1,05	0,82		0,73	0,99	0,29	0,28	0,08	0,10	2,64	2,10	1,64	0,37	0,37	4,20	3,27	1,84	1,23	
2	20	3	3,5	2	1,12	0,87	1,41	0,85	1,40	0,62	0,44	0,15	0,17	2,53	2,24	1,75	0,77	0,55	4,48	3,49	3,14	1,57	2
		4			1,45	1,13		0,90	1,36	0,77	0,55	0,19	0,21	2,55	2,90	2,26	0,96	0,71	5,80	4,52	4,29	2,15	
2½	25	3	3,5	2	1,42	1,11	1,77	1,03	1,77	1,27	0,72	0,31	0,30	2,43	2,84	2,21	1,58	0,89	5,68	4,23	6,14	2,45	2½
		4			1,85	1,44		1,08	1,74	1,61	0,91	0,40	0,37	2,45	3,70	2,88	2,01	1,15	7,40	5,78	8,32	3,33	
3	30	4	5	2,5	2,27	1,77	2,12	1,24	2,11	2,85	1,35	0,76	0,61	2,22	4,53	3,54	3,61	1,71	9,07	7,07	14,2	4,74	3
		6			3,27	2,55		1,36	2,04	3,91	1,84	1,08	0,78	2,37	6,53	5,10	4,96	2,43	13,1	10,19	21,9	7,31	
3½	35	4	5	2,5	2,67	2,06	2,47	1,41	2,50	4,68	1,90	1,24	0,88	2,16	5,33	4,16	5,92	2,37	10,7	8,32	22,5	6,44	3½
		6			3,87	3,02		1,53	2,42	6,50	2,63	1,77	1,15	2,29	7,73	6,03	8,26	3,41	15,5	12,06	34,6	9,88	
4	40	4			3,08	2,40		1,58	2,88	7,09	2,50	1,86	1,17	2,14	6,16	4,80	8,94	3,11	12,3	9,61	33,3	8,33	4
		6	6	3	4,48	3,49	2,83	1,70	2,80	9,98	3,52	2,67	1,57	2,24	8,96	6,99	12,7	4,52	17,9	14,0	51,1	12,8	
		8			5,80	4,52		1,81	2,72	12,4	4,38	3,38	1,81	2,42	11,59	9,05	15,8	5,80	23,2	18,1	69,5	17,4	
4½	45	5			4,30	3,36		1,81	3,22	12,4	3,91	3,25	1,80	2,17	8,61	6,71	15,7	4,87	17,2	13,4	59,5	13,2	4½
		7	7	3,5	5,86	4,57	3,18	1,92	3,14	16,4	5,16	4,39	2,28	2,26	11,73	9,15	20,8	6,63	23,5	18,3	85,0	18,9	
		9			7,34	5,73		2,04	3,06	19,8	6,24	5,40	2,65	2,35	14,68	11,50	25,2	8,25	29,4	22,9	111,2	24,7	
5	50	5			4,80	3,75		1,98	3,60	17,4	4,91	4,59	2,32	2,19	9,61	7,49	22,0	6,10	19,2	15,0	81,7	16,3	5
		7	7	3,5	6,56	5,12	3,54	2,11	3,51	23,1	6,83	6,02	2,85	2,29	13,1	10,20	29,1	8,30	26,3	20,5	116	23,3	
		9			8,24	6,43		2,21	3,44	28,1	7,94	7,67	3,47	2,29	16,5	12,90	35,8	10,89	33,0	25,7	152	30,4	
5½	55	6	8	4	6,31	4,95	[illegible]	2,21	3,94	27,4	7,04	7,24	3,37	2,15	12,6	9,84	34,6	8,70	25,2	19,7	131	23,6	5½

6	60	8	8	4	9,03	7,04	4,24	2,50	4,23	46,1	10,9	12,1	4,85	2,24	18,1	14,1	58,3	13,8	36,1	28,2	230	38,3	6
		10			11,07	8,63		2,62	4,15	55,1	13,0	14,6	5,58	2,33	22,1	17,3	69,7	16,8	44,3	34,5	291	48,4	
		7			8,70	6,79		2,62	4,65	53,0	11,5	13,8	5,25	2,19	17,4	13,6	66,8	14,4	34,8	27,2	252	38,4	
6½	65	9	9	4,5	10,98	8,56	4,60	2,73	4,57	65,4	14,2	17,2	6,31	2,25	22,0	17,1	82,6	18,1	43,9	34,2	329	50,6	6½
		11			13,17	10,30		2,83	4,50	76,8	16,7	20,7	7,30	2,29	26,4	20,6	97,5	21,7	52,7	41,1	406	62,5	
		7			9,4	7,33		2,79	5,03	67,1	13,6	17,6	6,29	2,15	18,8	14,7	84,6	16,8	37,6	29,3	315	45,0	
7	70	9	9	4,5	11,9	9,26	4,95	2,90	4,95	83,1	16,8	22,0	7,57	2,21	23,8	18,5	105	21,2	47,5	37,1	410	58,6	7
		11			14,3	11,13		3,01	4,87	97,6	19,7	26,0	8,65	2,28	28,6	22,3	124	25,4	57,1	44,5	506	72,3	
		8			11,5	8,94		3,01	5,37	93,3	17,6	24,4	8,11	2,17	22,9	17,9	118	21,9	45,9	35,8	444	59,2	
7½	75	10	10	5	14,1	11,00	5,30	3,12	5,29	113	21,3	29,8	9,54	2,23	28,2	22,0	142	26,9	56,4	44,0	561	74,8	7½
		12			16,7	13,00		3,24	5,21	130	24,6	34,7	10,71	2,30	33,3	26,0	165	31,7	66,7	52,0	679	90,6	
		8			12,3	9,57		3,20	5,74	115	20,3	29,6	9,25	2,19	24,5	19,1	144	25,1	49,1	38,3	539	67,3	
8	80	10	10	5	15,1	11,78	5,66	3,31	5,66	139	24,5	35,9	10,8	2,27	30,2	23,6	175	30,9	60,4	47,1	680	85,0	8
		12			17,9	13,94		3,41	5,59	161	28,4	43,0	12,6	2,25	35,7	27,9	204	36,4	71,5	55,7	823	102,9	
		9			15,5	12,1		3,59	6,46	184	28,9	47,8	13,3	2,17	31,0	24,2	232	35,9	62,1	48,4	863	95,9	
9	90	11	11	5,5	18,7	14,6	6,36	3,70	6,38	218	34,3	57,1	15,4	2,22	37,4	29,2	275	43,1	74,9	58,4	1064	118	9
		13			21,8	17,0		3,81	6,30	250	39,3	65,9	17,3	2,29	43,7	34,1	316	50,1	87,4	68,1	1268	141	
		10			19,2	14,9		3,99	7,18	280	39,7	73,3	18,4	2,16	38,3	29,9	354	49,3	76,6	59,8	1317	132	
10	100	12	12	6	22,7	17,7	7,07	4,10	7,10	328	46,3	86,2	21,0	2,20	45,4	35,4	414	58,3	90,9	70,9	1593	159	10
		14			26,2	20,4		4,21	7,02	372	52,6	98,3	23,4	2,25	52,4	40,8	470	67,0	104,8	81,7	1871	187	
		10			21,2	16,5		3,34	7,93	379	48,7	98,6	22,7	2,14	42,3	33,0	478	60,2	84,6	66,0	1753	159	
11	110	12	12	6	25,1	19,6	7,78	4,45	7,85	444	57,1	116	26,1	2,19	50,2	39,2	560	71,4	100	78,4	2118	193	11
		14			29,0	22,6		4,54	7,79	505	64,8	133	29,2	2,22	58,0	45,2	638	81,9	116	90,5	2486	226	
		11			25,4	19,8		4,75	8,64	541	63,8	140	29,4	2,17	50,7	39,6	680	78,8	101	79,2	2505	209	
12	120	13	13	6,5	29,7	23,2	8,48	4,86	8,56	625	73,7	162	33,4	2,21	59,4	46,3	787	92,1	118	92,6	2979	248	12
		15			33,9	26,5		4,96	8,49	705	83,2	186	37,5	2,22	67,9	52,9	891	105	136	105,9	3456	288	
		12			30,0	23,4		5,15	9,36	750	81,6	194	37,8	2,16	59,9	46,8	944	101	120	93,5	3476	267	
13	130	14	14	7	34,7	27,0	9,19	5,26	9,28	857	93,3	223	42,4	2,20	69,3	54,1	1080	116	139	108	4079	314	13
		16			39,3	30,6		5,37	9,20	959	104	251	46,7	2,24	78,5	61,2	1209	131	157	123	4685	360	
		13			35,0	27,3		5,54	10,08	1014	102	262	47,3	2,17	69,9	54,5	1276	127	140	109	4702	336	
14	140	15	15	7,5	40,0	31,2	9,90	5,66	10,00	1148	116	298	52,6	2,20	79,9	62,4	1446	145	160	125	5454	390	14
		17			45,0	35,1		5,77	9,92	1276	129	334	58,0	2,22	89,9	70,1	1610	162	180	140	6215	444	
		14			40,3	31,4		5,95	10,8	1343	127	347	58,3	2,17	80,6	62,9	1690	157	161	126	6235	416	
15	150	16	16	8	45,7	35,7	10,6	6,07	10,7	1507	142	391	64,4	2,20	91,4	71,3	1898	177	183	143	7160	477	15
		18			51,0	39,9		6,17	10,6	1665	157	438	71,1	2,21	102,1	79,6	2103	198	204	159	8091	539	
		15			46,1	35,9		6,35	11,5	1745	154	453	71,3	2,17	92,1	71,9	2198	191	184	144	8110	507	
16	160	17	17	8,5	51,8	40,4	11,3	6,46	11,4	1945	172	506	78,4	2,19	104	80,8	2451	214	207	162	9232	577	16
		19			57,5	44,9		6,58	11,4	2137	189	558	84,8	2,23	115	89,7	2695	237	230	179	10362	648	

β) Normalprofile für ungleichschenkelige Winkeleisen (Fig. 69 u. 70).

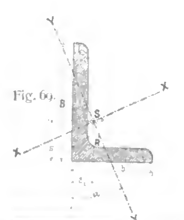


Fig. 69.

Verhältnis der Schenkellängen $\frac{B}{b} = 1\frac{1}{2}$.

$$d_{min} = \frac{b + B}{20} \text{ (mit geringen Abweichungen);}$$

$$R = \frac{d_{min} + d_{max}}{2}; \quad r = \frac{R}{2} \text{ (auf halbe mm abgerundet).}$$

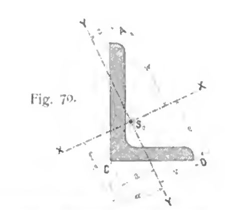


Fig. 70.

Profil-Nr.	Abmessungen der Profile: b (mm)	B (mm)	d (mm)	R (mm)	r (mm)	Querschnitt F (qcm)	Gewicht G (kg/m)	Abstände des Schwerpunkts (S_0): s (cm)	s_1 (cm)	Lage der Hauptachse YY: tg α	Abstände von den Hauptachsen, von der XX-Achse: w (cm)	e (cm)	f (cm)	von der YY-Achse: v (cm)	a (cm)	c (cm)	Momente für die Biegungsachse XX: Trägheitsmoment T_x (cm⁴)	Widerstandsmoment $W_x = \frac{T_x}{w}$ (cm³)	Momente für die Biegungsachse YY: Trägheitsmoment T_y (cm⁴)	Widerstandsmoment $W_y = \frac{T_y}{v}$ (cm³)	Verhältnis $\frac{W_x}{W_y} = u$	Zwei zusammengesetzte ⅃L-Eisen, kleinste Momente für die Biegungsachse YY: Querschnitt $2F$ (qcm)	Gewicht $2G$ (kg/m)	Trägheitsmoment T_1 (cm⁴)	Widerstandsmoment $W_1 = \frac{T_1}{b}$ (cm³)	Profil-Nr.
2	20	30	3	3,5	2	1,42	1,11	0,90	0,49	0,4216	2,04	1,50	0,72	1,07	0,83	0,56	1,42	0,70	0,28	0,36	2,60	2,84	2,22	1,58	0,79	2
3			4			1,85	1,44	1,03	0,54	0,4214	2,02	1,52	0,74	1,04	0,90	0,57	1,82	0,90	0,33	0,32	2,85	3,70	2,88	2,19	1,09	3
3	30	45	4	4,5	2	2,87	2,24	1,48	0,74	0,4334	3,06	2,26	1,07	1,58	1,27	0,83	6,63	2,17	1,19	0,75	2,88	5,74	4,48	7,25	2,42	3
4½			5			3,53	2,75	1,52	0,78	0,4288	3,05	2,29	1,09	1,58	1,32	0,85	8,01	2,63	1,44	0,91	2,89	7,06	5,50	9,21	3,07	4½
4	40	60	5	6	3	4,79	3,74	1,95	0,97	0,4319	4,10	3,00	1,41	2,12	1,66	1,09	19,8	4,82	3,66	1,73	2,78	9,58	7,48	21,4	5,28	4
6			7			6,55	5,11	2,04	1,05	0,4275	4,06	3,03	1,46	2,10	1,77	1,14	26,3	6,47	4,63	2,20	2,94	13,1	10,2	30,6	7,64	6
5	50	75	7	8	4	8,33	6,50	2,47	1,24	0,4304	5,11	3,76	1,78	2,02	2,12	1,35	53,1	10,4	9,58	3,66	2,84	16,7	13,0	58,4	11,7	5
7½			9			10,5	8,20	2,56	1,32	0,4272	5,07	3,79	1,83	2,60	2,22	1,43	65,4	12,9	11,9	4,56	2,88	21,0	16,4	76,8	15,4	7½
6½	65	100	9	10	5	14,2	11,0	3,31	1,50	0,4101	6,79	4,93	2,46	3,47	2,73	1,75	160	23,6	26,8	7,73	3,05	28,3	22,1	165	25,4	6½
10			11			17,1	13,3	3,40	1,67	0,4074	6,74	4,97	2,52	3,45	2,83	1,81	189	28,1	32,9	9,54	2,94	34,1	26,6	206	31,6	10
8	80	120	10	11	5,5	19,1	14,9	3,92	1,95	0,4348	8,19	6,01	2,82	4,24	3,35	2,18	317	38,7	56,8	13,4	2,89	38,3	29,8	341	42,7	8
12			12			22,7	17,7	4,00	2,02	0,4304	8,15	6,03	2,87	4,21	3,44	2,24	370	45,4	67,5	16,9	2,83	45,4	35,4	415	51,9	12
10	100	150	12	13	6,5	28,7	22,4	4,89	2,42	0,4361	10,2	7,51	3,51	5,26	4,18	2,71	747	73,0	134	25,4	2,87	57,5	44,8	800	80,0	10
15			14			33,2	25,9	4,97	2,50	0,4300	10,2	7,55	3,57	5,27	4,27	2,78	854	83,8	153	29,0	2,89	66,4	51,8	942	94,2	15

γ) Normalprofile für ungleichschenkelige Winkeleisen (Fig. 71 u. 72).

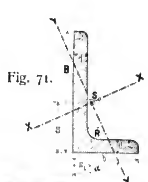


Fig. 71.

Verhältnis der Schenkellängen $\frac{B}{b} = 2$.

$d_{min} = \frac{b+B}{20}$ (mit geringen Abweichungen);

$R = \frac{d_{min} + d_{max}}{2}$; $r_1 + \frac{R}{2}$.

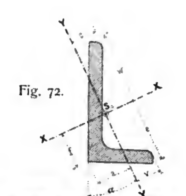


Fig. 72.

Profil-Nr.	Abmessungen der Profile b mm	B mm	d mm	R mm	r mm	Querschnitt F qcm	Gewicht G kg/m	Abstände des Schwerpunkts (S_0) s cm	s_1 cm	Lage der Hauptachse YY tg α	Abstände von den Hauptachsen, von der XX-Achse w cm	e cm	f cm	von der YY-Achse v cm	a cm	c cm	Momente für die Biegungsachse XX: Trägheitsmoment T_x cm⁴	Widerstandsmoment $W_x = \frac{T_x}{w}$ cm³	Momente für die Biegungsachse YY: Trägheitsmoment T_y cm⁴	Widerstandsmoment $W_y = \frac{T_y}{v}$ cm³	Verhältnis $\frac{W_x}{W_y} = u$	Zwei zusammengesetzte ⅃L-Eisen. Kleinste Momente für die Biegungsachse YY: Querschnitt $2F$ qcm	Gewicht $2G$ kg/m	Trägheitsmoment T_2 cm⁴	Widerstandsmoment $W_2 = \frac{T_2}{b}$ cm³	Profil-Nr.
2	20	40	3	3,5	2	1,72	1,34	1,43	0,44	0,2575	2,60	1,77	1,27	1,19	0,78	0,47	2,96	1,14	0,31	0,26	4,41	3,44	2,68	1,61	0,80	2
4			4			2,25	1,76	1,47	0,48	0,2528	2,57	1,80	1,31	1,17	0,83	0,50	3,79	1,47	0,40	0,34	4,36	4,50	3,52	2,23	1,12	4
3	30	60	5	6	3	4,29	3,35	2,15	0,68	0,2544	3,91	2,64	1,91	1,78	1,19	0,71	16,5	4,22	1,71	0,96	4,40	8,58	6,70	9,18	3,06	3
6			7			5,85	4,56	2,24	0,76	0,2479	3,83	2,71	1,99	1,74	1,28	0,70	21,8	5,69	2,28	1,31	4,34	11,7	9,12	13,6	4,52	6
4	40	80	6	7	3,5	6,89	5,37	2,85	0,88	0,2568	5,23	3,53	2,54	2,38	1,56	0,93	47,6	9,14	4,99	2,10	4,35	13,8	10,7	26,0	6,49	4
8			8			9,01	7,03	2,94	0,96	0,2518	5,14	3,60	2,62	2,35	1,65	1,00	60,8	11,8	6,41	2,73	4,33	18,0	14,1	36,0	8,99	8
5	50	100	8	9	4,5	11,5	8,93	3,59	1,12	0,2565	6,49	4,44	3,20	2,97	1,97	1,22	123	18,9	12,8	4,31	4,39	22,9	17,9	68,0	13,6	5
10			10			14,1	11,0	3,67	1,20	0,2658	6,42	4,52	3,24	2,96	2,03	1,41	150	23,3	14,6	4,93	4,73	28,2	22,0	87,7	17,5	10
6½	65	130	10	11	5,5	18,6	14,5	4,65	1,45	0,2569	8,45	5,76	4,14	3,86	2,56	1,52	339	40,2	35,4	9,16	4,38	37,3	29,1	187	28,7	6½
13			12			22,1	17,2	4,75	1,53	0,2549	8,38	5,83	4,22	3,82	2,65	1,60	395	47,2	41,3	10,8	4,37	44,2	34,5	229	35,2	13
8	80	160	12	13	6,5	27,5	21,5	5,72	1,77	0,2586	10,4	7,10	5,10	4,76	3,14	1,88	762	73,4	79,4	16,7	4,40	55,1	43,0	417	52,1	8
16			14			31,8	24,8	5,81	1,85	0,2679	10,3	7,20	5,13	4,65	3,29	2,05	875	84,8	86,0	18,5	4,58	63,6	49,6	495	62,4	16
10	100	200	14	15	7,5	40,3	31,4	7,12	2,18	0,2608	13,0	8,86	6,34	5,95	3,91	2,32	1754	135	182	30,6	4,41	80,6	62,8	947	94,7	10
20			16			45,7	35,6	7,20	2,26	0,2586	13,0	8,90	6,40	5,93	3,99	2,41	1973	152	205	34,5	4,41	91,4	71,3	1097	110	20

277.
T-Eifen.

δ) Normalprofile für breitfüßige T-Eifen (Fig. 73).

$h = \frac{b}{2}$; $d = 0{,}15\,h + 1$ mm; $R = d$; $r = \frac{R}{2}$; $\rho = \frac{R}{4}$ (auf halbe mm abgerundet);

Neigung im Fuß 2 Vomhundert, an jeder Seite des Steges 4 Vomhundert.

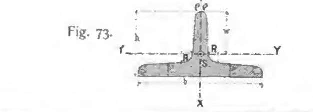


Fig. 73.

Profil-Nr.	Abmeffungen der Profile b mm	h mm	d mm	R mm	r mm	ρ mm	Querfchnitt F qcm	Gewicht G kg/m	Schwerpunktsabftand W cm	Momente für die Biegungsachfe XX: Trägheitsmoment T_x cm⁴	Widerftandsmoment $W_x = \frac{T_x}{w}$ cm³	Momente für die Biegungsachfe YY: Trägheitsmoment T_y cm⁴	Widerftandsmoment $W_y = \frac{T_y}{b/2}$ cm³	Zwei zufammengefetzte T-Eifen: Querfchnitt $2F$ qcm	Kleinfte Momente für die Biegungsachfe XX: Gewicht $2G$ kg/m	Trägheitsmoment T_2 cm⁴	Widerftandsmoment $W_2 = \frac{T_2}{h}$ cm³	Profil-Nr.
6/3	60	30	5,5	5,5	3	1,5	4,64	3,62	2,33	2,58	1,11	8,62	2,87	9,29	7,25	9,39	3,13	6/3
7/3½	70	35	6	6	3	1,5	5,94	4,63	2,73	4,49	1,65	15,1	4,32	11,9	9,26	16,0	4,57	7/3½
8/4	80	40	7	7	3,5	2	7,91	6,17	3,12	7,81	2,50	28,5	7,13	15,8	12,3	27,9	6,99	8/4
9/4½	90	45	8	8	4	2	10,2	7,93	3,50	12,7	3,64	46,1	10,2	20,3	15,9	45,9	10,2	9/4½
10/5	100	50	8,5	8,5	4	2	12,0	9,38	3,91	18,7	4,78	67,7	13,5	24,1	18,8	66,1	13,2	10/5
12/6	120	60	10	10	5	2,5	17,0	13,2	4,70	38,0	8,09	137	22,8	34,0	26,5	133	22,2	12/6
14/7	140	70	11,5	11,5	6	3	22,8	17,8	5,49	68,9	12,6	258	36,9	45,6	35,5	242	34,6	14/7
16/8	160	80	13	13	6,5	3,5	29,5	23,0	6,28	117	18,6	422	52,8	58,9	46,0	408	51,0	16/8
18/9	180	90	14,5	14,5	7,5	3,5	37,0	28,8	7,07	185	26,1	670	74,4	74,0	57,7	646	71,8	18/9
20/10	200	100	16	16	8	4	45,4	35,4	7,86	277	35,3	1000	100	90,7	70,8	972	97,2	20/10

ε) Normalprofile für hochftegige **T**-Eifen (Fig. 74).

$h = b$; $d = 0{,}1\,h + 1^{mm}$; $R = d$; $r = \frac{R}{2}$; $\rho = \frac{R}{4}$ (auf halbe mm abgerundet);

Neigung im Fuß 2 Vomhundert, auf jeder Seite des Steges 2 Vomhundert.

Fig. 74.

Profil-Nr.	Abmeffungen der Profile						Quer-fchnitt	Ge-wicht	Schwer-punkts-abstand	Momente für die Biegungsachfe *XX*		Momente für die Biegungsachfe *YY*		Zwei zufammengefetzte **T**-Eifen. Kleinfte Momente für die Biegungsachfe *YY*				Profil-Nr.
	b	h	d	R	r	ρ	F	G	W	Trägheits-moment T_x	Widerftands-moment $W_x = \frac{T_x}{w}$	Trägheits-moment T_y	Widerftands-moment $W_y = \frac{T_y}{b/_2}$	Querfchnitt $2F$	Gewicht $2G$	Trägheits-moment T_2	Widerftands-moment $W_2 = \frac{T_2}{b/_2}$	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	qcm	$\frac{kg}{m}$	qcm	cm⁴	cm³	cm⁴	cm³	qcm	$\frac{kg}{m}$	cm⁴	cm³	
2	20	20	3	3	1,5	1	1,12	0,87	1,42	0,38	0,27	0,20	0,20	2,24	1,75	0,39	0,39	2
2½	25	25	3,5	3,5	2	1	1,64	1,28	1,77	0,57	0,49	0,43	0,34	3,27	2,56	0,85	0,68	2½
3	30	30	4	4	2	1	2,26	1,76	2,15	1,72	0,80	0,87	0,58	4,51	3,53	1,73	1,16	3
3½	35	35	4,5	4,5	2	1	2,97	2,32	2,51	3,10	1,23	1,57	0,90	5,94	4,63	3,14	1,80	3½
4	40	40	5	5	2,5	1	3,77	2,94	2,88	5,23	1,84	2,58	1,29	7,55	5,88	5,16	2,58	4
4½	45	45	5,5	5,5	3	1,5	4,67	3,64	3,24	8,13	2,51	4,01	1,78	9,34	7,29	8,03	3,57	4½
5	50	50	6	6	3	1,5	5,66	4,42	3,61	12,1	3,36	6,06	2,42	11,3	8,83	12,1	4,85	5
6	60	60	7	7	3,5	2	7,94	6,19	4,34	23,8	5,48	12,2	4,05	15,9	12,4	24,3	8,11	6
7	70	70	8	8	4	2	10,6	8,27	5,06	44,5	8,79	22,1	6,32	21,2	16,5	44,3	12,6	7
8	80	80	9	9	4,5	2	13,6	10,6	5,78	73,7	12,8	37,0	9,25	27,3	21,3	74,0	18,5	8
9	90	90	10	10	5	2,5	17,1	13,3	6,52	119	18,2	58,5	13,0	34,1	26,6	117	26,0	9
10	100	100	11	11	5,5	3	20,9	16,3	7,26	179	24,6	88,3	17,7	41,7	32,5	177	35,3	10
12	120	120	13	13	6,5	3	29,6	23,1	8,72	366	42,0	178	29,7	59,2	46,2	356	59,4	12
14	140	140	15	15	7,5	4	39,9	31,1	10,2	660	64,7	330	47,2	79,8	62,2	660	94,3	14

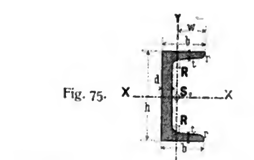
ζ) Normalprofile für ⊏-Eisen (Fig. 75).

$b = 0{,}25\,h + 25^{mm}$;

$R = t;\ \ r = \frac{t}{2}$;

Neigung der inneren Flanschflächen 8 Vomhundert.

Fig. 75.



Profil-Nr.	Abmessungen der Profile						Querschnitt	Gewicht	Schwerpunktsabstand	Momente für die Biegungsachse XX		Momente für die Biegungsachse YY		Verhältnis	Kleinstes Widerstandsmoment für die ungünstigste Belastungsebene, für welche	Zwei zusammengesetzte ⊏-Eisen. Kleinste Momente für die Biegungsachse YY				Profil-Nr.
	h	b	d	t	R	r	F	G	w	Trägheitsmoment T_x	Widerstandsmoment $W_x = \frac{T_x}{h/2}$	Trägheitsmoment T_y	Widerstandsmoment $W_y' = \frac{T_y}{w}$	$\frac{W_x}{W_y'} = u$	$tg\,\beta = u$	Querschnitt $2F$	Gewicht $2G$	Trägheitsmoment T_2	Widerstandsmoment $W_2 = \frac{T_2}{b}$	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	qcm	kg/m	cm	cm⁴	cm³	cm⁴	cm³			qcm	kg/m	cm⁴	cm³	
3	30	33	5	7	7	3,5	5,44	4,24	1,99	6,39	4,26	5,33	2,68	1,59	2,26	10,9	8,48	12,8 (T_x)	8,52	3
4	40	35	5	7	7	3,5	6,21	4,85	2,17	14,1	7,10	6,68	3,08	2,31	2,82	12,4	9,70	28,2 (T_x)	14,2	4
5	50	38	5	7	7	3,5	7,12	5,35	2,43	26,4	10,6	9,12	3,75	2,82	3,60	14,2	11,1	45,1	11,9	5
6½	65	42	5,5	7,5	7,5	4	9,03	7,05	2,78	57,5	17,7	14,1	5,06	3,50	4,95	18,1	14,1	64,6	15,4	6½
8	80	45	6	8	8	4	11,0	8,60	3,05	106	26,5	19,4	6,37	4,16	6,35	22,0	17,2	86,4	19,2	8
10	100	50	6	8,5	8,5	4,5	13,5	10,5	3,45	206	41,1	29,3	8,50	4,84	8,22	26,9	21,0	123	24,7	10
12	120	55	7	9	9	4,5	17,0	13,3	3,90	364	60,7	43,2	11,1	5,48	10,9	34,0	26,5	175	31,7	12
14	140	60	7	10	10	5	20,4	15,9	4,25	605	86,4	62,7	14,8	5,85	14,7	40,7	31,8	251	41,8	14
16	160	65	7,5	10,5	10,5	5,5	24,0	18,7	4,66	925	116	85,3	18,3	6,32	18,5	48,0	37,5	333	51,3	16
18	180	70	8	11	11	5,5	28,0	21,8	5,08	1354	150	114	22,4	6,73	22,6	55,9	43,6	434	61,9	18
20	200	75	8,5	11,5	11,5	6	32,2	25,1	5,49	1911	191	148	27,0	7,09	26,8	64,4	50,2	556	74,2	20
22	220	80	9	12,5	12,5	6,5	37,4	29,2	5,86	2690	245	197	33,6	7,28	33,9	74,9	58,4	737	92,1	22
24	240	85	9,5	13	13	6,5	42,3	33,0	6,27	3598	300	248	39,6	7,57	39,0	84,6	66,0	917	108	24
26	260	90	10	14	14	7	48,3	37,7	6,64	4823	371	317	47,8	7,76	48,2	96,6	75,3	1172	130	26
28	280	95	10	15	15	7,5	53,3	41,6	6,97	6276	450	399	57,2	7,88	58,5	107	83,2	1481	156	28
30	300	100	10	16	16	8	58,8	45,8	7,30	8026	535	495	67,8	7,90	59,6	118	91,7	1847	185	30

279. I-Eisen.

ι) Normalprofile für I-Eisen (Fig. 76).

Bis $h = 250^{mm}$ ist $b = 0{,}4\,h + 10^{mm}$; $d = 0{,}03\,h + 1{,}5^{mm}$.

Für $h > 250^{mm}$ ist $b = 0{,}3\,h + 35^{mm}$; $d = 0{,}036\,h$.

Neigung der inneren Flanschflächen 14 Vomhundert.

$R = d$; $r = 0{,}6\,d$.

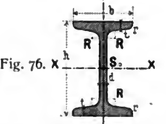


Fig. 76.

Profil-Nr.	Abmessungen der Profile						Querschnitt	Gewicht	Momente für die Biegungsachse XX		Momente für die Biegungsachse YY		Verhältnis	Profil-Nr.
	h mm	b mm	d mm	t mm	R mm	r mm	F qcm	G kg/m	Trägheitsmoment T_x cm⁴	Widerstandsmoment $W_x = \frac{T_x}{h/_2}$ cm³	Trägheitsmoment T_y cm⁴	Widerstandsmoment $W_y = \frac{T_y}{b/_2}$ cm³	$\frac{W_x}{W_y} = u$	
8	80	42	3,9	5,9	3,9	2,3	7,57	5,91	77,7	19,4	6,28	2,99	6,50	8
9	90	46	4,2	6,3	4,2	2,5	8,99	7,02	117	25,9	8,76	3,81	6,80	9
10	100	50	4,5	6,8	4,5	2,7	10,6	8,28	170	34,1	12,2	4,86	7,01	10
11	110	54	4,8	7,2	4,8	2,9	12,3	9,59	238	43,3	16,2	5,99	7,23	11
12	120	58	5,1	7,7	5,1	3,1	14,2	11,1	327	54,5	21,4	7,38	7,38	12
13	130	62	5,4	8,1	5,4	3,2	16,1	12,6	435	67,0	27,4	8,85	7,57	13
14	140	66	5,7	8,6	5,7	3,4	18,2	14,2	572	81,7	35,2	10,7	7,65	14
15	150	70	6,0	9,0	6,0	3,6	20,4	15,9	734	97,9	43,7	12,5	7,83	15
16	160	74	6,3	9,5	6,3	3,8	22,8	17,8	933	117	54,5	14,7	7,92	16
17	170	78	6,6	9,9	6,6	4,0	25,2	19,7	1165	137	66,5	17,1	8,02	17
18	180	82	6,9	10,4	6,9	4,1	27,9	21,7	1444	161	81,3	19,8	8,10	18
19	190	86	7,2	10,8	7,2	4,3	30,5	23,8	1759	185	97,2	22,6	8,20	19
20	200	90	7,5	11,3	7,5	4,5	33,4	26,1	2139	214	117	25,9	8,26	20
21	210	94	7,8	11,7	7,8	4,7	36,3	28,3	2558	244	137	29,3	8,31	21
22	220	98	8,1	12,2	8,1	4,9	39,5	30,8	3055	278	163	33,3	8,34	22
23	230	102	8,4	12,6	8,4	5,0	42,6	33,3	3605	314	188	36,9	8,50	23
24	240	106	8,7	13,1	8,7	5,2	46,1	35,9	4239	353	220	41,6	8,50	24
25	250	110	9,0	13,6	9,0	5,4	49,7	38,7	4954	396	255	46,4	8,54	25
26	260	113	9,4	14,1	9,4	5,6	53,3	41,6	5735	441	287	50,6	8,72	26
27	270	116	9,7	14,7	9,7	5,8	57,1	44,5	6623	491	325	56,0	8,76	27
28	280	119	10,1	15,2	10,1	6,1	61,0	47,6	7575	541	363	60,8	8,91	28
29	290	122	10,4	15,7	10,4	6,3	64,8	50,6	8619	594	403	66,1	8,99	29
30	300	125	10,8	16,2	10,8	6,5	69,0	53,8	9785	652	449	71,9	9,07	30
32	320	131	11,5	17,3	11,5	6,9	77,7	60,6	12493	781	554	84,6	9,23	32
34	340	137	12,2	18,3	12,2	7,3	86,7	67,6	15670	922	672	98,1	9,40	34
36	360	143	13,0	19,5	13,0	7,8	97,0	75,7	19576	1088	817	114	9,53	36
38	380	149	13,7	20,5	13,7	8,2	107	83,4	23978	1262	972	131	9,67	38
40	400	155	14,4	21,6	14,4	8,6	118	91,8	29173	1459	1160	150	9,76	40
42½	425	163	15,3	23,0	15,3	9,2	132	103	36956	1739	1433	176	9,89	42½
45	450	170	16,2	24,3	16,2	9,7	147	115	45888	2040	1722	203	10,1	45
47½	475	178	17,1	25,6	17,1	10,3	163	127	56410	2375	2084	234	10,1	47½
50	500	185	18,0	27,0	18,0	10,8	179	140	68736	2750	2470	267	10,3	50
55	550	200	19,0	30,0	19,8	11,9	212	166	99054	3602	3486	349	10,3	55

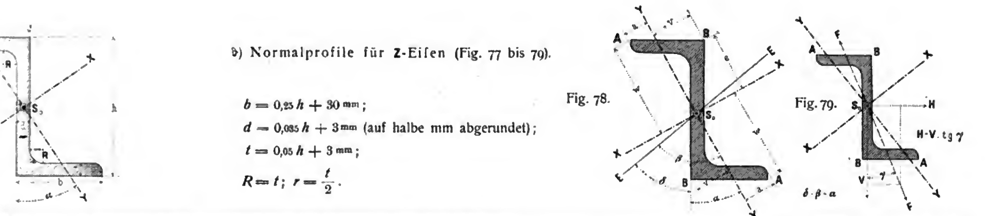


Fig. 77.

ϑ) Normalprofile für Z-Eifen (Fig. 77 bis 79).

$b = 0{,}25\,h + 30^{\text{mm}}$;

$d = 0{,}035\,h + 3^{\text{mm}}$ (auf halbe mm abgerundet);

$t = 0{,}05\,h + 3^{\text{mm}}$;

$R = t;\; r = \frac{t}{2}$.

Fig. 78.

Fig. 79.

Profil-Nr.	Abmeffungen der Profile h mm	b mm	d mm	t mm	R mm	r mm	Quer-fchnitt F qcm	Ge-wicht G kg/m	Lage der Haupt-achfe YY tg α	Abftände von den Hauptachfen, von der XX-Achfe w cm	e cm	c cm	von der YY-Achfe v cm	a cm	i cm	Momente für die Biegungsachfe XX: Träg-heits-moment T_x cm⁴	Wider-ftands-moment $W_x = \frac{T_x}{w}$ cm³	Momente für die Biegungsachfe YY: Träg-heits-moment T_y cm⁴	Wider-ftands-moment $W_y = \frac{T_y}{v}$ cm³	Ver-hältnis $\frac{W_x}{W_y} = u$	Ungünftige Belaftung in der Ebene EE: für tg β	oder für $\delta = \beta - \alpha$ oder tg δ	Kleinftes Wider-ftands-moment W_{min} cm³	Lotrechte Belaftung (V) bei Verhinderung feitlicher Aus-biegung durch H: Wider-ftands-moment hierfür W_{max} cm³	$\frac{H}{V} = \text{tg}\,\gamma$	Lotrechte Belaftung (V) bei freier Aus-biegung zur Seite: Wider-ftands-moment hierfür cm³	Profil-Nr.
3	30	38	4	4,5	4,5	2,5	4,32	3,37	1,655	3,86	0,61	3,54	1,39	0,87	0,58	18,1	4,69	1,54	1,11	4,22	26,9	0,554	1,11	6,31	1,227	1,36	3
4	40	40	4,5	5	5	2,5	5,43	4,23	1,181	4,17	1,12	3,82	1,67	1,19	0,91	28,0	6,72	3,05	1,83	3,67	13,7	0,729	1,82	9,13	0,913	2,26	4
5	50	43	5	5,5	5,5	3	6,77	5,28	0,939	4,60	1,65	4,21	1,89	1,49	1,24	44,9	9,76	5,23	2,76	3,54	9,83	0,869	2,75	13,2	0,752	3,64	5
6	60	45	5	6	6	3	7,91	6,17	0,779	4,98	2,21	4,56	2,04	1,76	1,51	67,2	13,5	7,60	3,73	3,62	9,07	1,03	3,70	17,7	0,647	5,24	6
8	80	50	6	7	7	3,5	11,1	8,67	0,588	5,83	3,30	5,85	2,29	2,25	2,02	142	24,4	14,7	6,44	3,79	4,05	3,35	6,37	30,7	0,509	10,1	8
10	100	55	6,5	8	8	4	14,5	11,3	0,492	6,77	4,34	6,24	2,50	2,65	2,43	270	39,8	24,6	9,26	4,30	4,67	3,97	9,05	48,5	0,438	16,8	10
12	120	60	7	9	9	4,5	18,2	14,2	0,433	7,75	5,37	7,16	2,70	3,02	2,80	470	60,6	37,7	12,5	4,86	5,26	4,46	12,3	71,9	0,392	25,6	12
14	140	65	8	10	10	5	22,9	17,9	0,385	8,72	6,39	8,06	2,89	3,39	3,18	768	88,0	56,4	16,6	5,29	5,71	5,09	16,4	102	0,353	33,0	14
16	160	70	8,5	11	11	5,5	27,5	21,5	0,367	9,74	7,39	9,04	3,09	3,72	3,51	1184	121	79,5	21,4	5,69	6,13	5,48	21,1	139	0,330	52,9	16
18	180	75	9,5	12	12	6	33,3	26,0	0,329	10,7	8,40	9,99	3,27	4,08	3,86	1759	164	110	27,0	6,06	6,52	5,98	26,7	186	0,307	72,4	18
20	200	80	10	13	13	6,5	38,7	30,2	0,313	11,8	9,39	11,0	3,47	4,39	4,17	2509	213	147	33,4	6,34	6,85	6,26	33,1	239	0,293	91,1	20
																			Von Profil Nr. 10 ab $\frac{T_y}{a}$		Größte Spannung bei Profil Nr. 3, 4, 5 u. 6 in B, bei allen übrigen in C.						

281.
Belageifen.

1) Normalprofile für Belag-(*Zorès*) Eifen (Fig. 80).

$R = t = r_3$; $r_1 = d$; $r_2 = d - 0{,}5^{mm}$; $r_4 = 0{,}6\,d + 1{,}3^{mm}$.

Fig. 80.

Profil-Nr.	Abmeffungen der Profile: h mm	b mm	a mm	c mm	R mm	$t = r_3$ mm	$d = r_1$ mm	r_2 mm	r_4 mm	Quer-fchnitt F qcm	Ge-wicht G $\frac{kg}{m}$	Momente für die Biegungsachfe XX: Träg-heits-moment T_x cm⁴	Wider-stands-moment $W_x = \frac{T_x}{h'_2}$ cm³	Momente für die Biegungsachfe YY: Träg-heits-moment T_y cm⁴	Wider-ftands-moment $W_y = \frac{T_y}{b'_2}$ cm³	Ver-hältnis $\frac{W_x}{W_y} = u$	Kleinftes Widerftands-moment für die ungünftigfte Belaftungs-ebene, für welche $tg\varphi = \frac{1}{u}$	Zwei zufammengefetzte Eifen, Kleinfte Momente für die Biegungsachfe XX: Quer-fchnitt $2F$ qcm	Ge-wicht $2G$ $\frac{kg}{m}$	Träg-heits-moment T_2 cm⁴	Wider-ftands-moment $W_2 = \frac{T_2}{h}$ cm³	Profil-Nr.
5	50	120	33	21	60	5	3	2,5	3,1	6,71	5,24	23,2	9,27	86,4	14,4	1,55	7,79	13,4	10,5	128	25,5	5
6	60	140	33	24	70	6	3,5	3	3,4	9,34	7,28	47,2	15,8	164	23,4	1,48	13,1	18,7	14,6	259	43,1	6.
7½	75	170	45,5	26,5	85	7	4	3,5	3,7	13,2	10,3	105	27,9	347	40,8	1,46	23,0	26,5	20,7	579	77,2	7½
9	90	200	53	33	100	8	4,5	4	4	17,9	14,0	206	45,8	651	65,1	1,42	37,5	35,8	28,0	1141	127	9
11	110	240	63	39	120	9	5	4,5	4,3	24,1	18,8	421	76,5	1272	106	1,39	62,1	48,2	37,6	2295	209	11

282.
Quadrant-Eifen.

ϰ) Normalprofile für Quadrant-Eifen (Fig. 81).

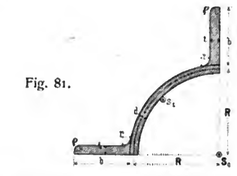


Fig. 81.

$b = 0{,}2\, R + 25^{mm}$;

$r = 0{,}12\, R$;

$\rho = 0{,}06\, R$;

s_1 der Schwerpunkt eines Quadranten;

S_0 der Schwerpunkt der vollen Röhre.

Profil-Nr.	Abmeffungen der Profile: R mm	b mm	d mm	t mm	r mm	r_1 mm	Quer-fchnitt F der vollen Röhre qcm	Ge-wicht G der vollen Röhre $\frac{kg}{m}$	Volle Röhre. Träg-heits-moment für jede Biegungs-achfe T cm⁴	Größtes Widerftands-moment für die ZZ-Biegungs-achfe: Widerftandsmoment W_z cm³	Kleinftes Widerftands-moment für die XX- oder YY-Biegungsachfe: Widerstandsmoment $W_x = W_y$ cm³	Profil-Nr.
5	50	35	4	6	6	3	29,8	23,3	576	89,3	66,2	5
5	50	35	8	8	6	3	48,0	37,4	906	135	102	5
7 1/2	75	40	6	8	9	4,5	54,9	42,8	2068	237	175	7 1/2
7 1/2	75	40	10	10	9	4,5	80,2	62,5	2982	331	248	7 1/2
10	100	45	8	10	12	6	88,1	68,7	5511	501	370	10
10	100	45	12	12	12	6	120	94,0	7478	663	495	10
12 1/2	125	50	10	12	15	7,5	129	101	12161	917	676	12 1/2
12 1/2	125	50	14	14	15	7,5	169	132	15788	1165	867	12 1/2
15	150	55	12	14	18	9	179	140	23637	1515	1120	15
15	150	55	18	17	18	9	249	194	32738	2051	1530	15

6) Bleche und Blecherzeugniffe.

Eifenbleche finden als Konftruktions- und Ausbaumaterial vielfach Anwendung. Sie erhalten entweder keinen Überzug — Schwarzbleche, oder fie find, um fie vor Roft ufw. zu fchützen, verzinnt, bezw. verzinkt — Weißbleche und verzinkte Eifenbleche; feltener kommen Überzüge von Email vor.

283.
Schwarzblech.

α) Schwarz- oder Sturzbleche. Für die Dicke derfelben dient jetzt noch vielfach die Dillinger oder ältere deutfche Blechlehre, welche nachftehende Nummern feftfetzt[170]):

Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Dicke (in Millim.)	5,50	5,00	4,50	4,25	4,00	3,75	3,50	3,25	3,00	2,75	2,50	2,25	2,00
Gewicht für 1 qm (in Kilogr., annähernd)	44	40	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16
Nummer	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Dicke (in Millim.)	1,75	1,50	1,37	1,25	1,12	1,00	0,87	0,75	0,62	0,50	0,50	0,44	0,37
Gewicht für 1 qm (in Kilogr., annähernd)	14	12	11	10	9	8	7	6	5	4,5	4	3,5	3

[170]) In der Dillinger Lehre entfprechen die Nr. 22, 22 1/2, 23 und 24 den Nr. 23, 24, 25 und 26 der neuen deutfchen Lehre. Die neue deutfche Draht- und Blechlehre ift in Art. 291 aufgenommen.

Nach den fchon mehrfach erwähnten Befchlüffen follen derlei Bleche die folgenden Normalabmeffungen zeigen. Als ganze Tafeln in der Länge von 1000 mm und Breite von 650 mm, als lange halbe Tafeln in der Länge von 1000 mm und Breite von 325 mm, und als breite halbe Tafeln in der Länge von 500 mm und Breite von 650 mm. Für Röhrenbleche find bei gleicher Normallänge auch Breiten von 330, 350, 370 und 390 mm zuläffig. Die Bleche werden entweder nach der Stückzahl in Bündeln oder nach der Stärke der angegebenen Nummern verkauft. Das Gewicht beträgt 50 und 25 kg. Abweichungen von $\pm$ 5 mm in der Länge und Breite find geftattet.

Das Schwarzblech wird für eine große Zahl von Konftruktionen des inneren Ausbaues verwendet; insbefondere betrifft dies alle größeren und kleineren Bauteile, die aus der Hand des Bauschloffers hervorgehen. Indes kann es auch einen Beftandteil genieteter Träger, Konfolen, Freiftützen ufw. bilden.

284. Keffelblech.

β) Keffelbleche find gleichfalls Schwarzbleche, jedoch folche von größerer Dicke (bis 20 mm). *Merthens* empfiehlt [171]), die Bezeichnungen Schwarzblech und Keffelblech durch die Namen Feinblech und Grobblech zu erfetzen.

Nach dem Vorbild der franzöfifchen Bezeichnungen *(Tôles communes, Tôles ordinaires. Tôles fupérieures, Tôles fines)* möchte er die Grobbleche als Kaftenbleche, gewöhnliche Bleche, beffere Bleche und befte Bleche unterfcheiden.

Die Keffelbleche find es hauptfächlich, welche zur Herftellung von kräftigeren Dach- und Deckenkonftruktionen, von Freiftützen, welche größere Drücke aufzunehmen haben, ufw. Verwendung finden.

285. Weißblech.

γ) Weißbleche kommen gleichfalls in verfchiedenen Stärken und Formaten im Handel vor. Folgende Normalabmeffungen find üblich:

Das Einfach-(Klein-)Format von 265 mm Breite und 340 mm Länge,

das Doppel-Format von 340 mm Breite und 530 mm Länge,

das Hochfolio-Format von 265 mm Breite und 680 mm Länge,

das Vierfach-Format von 530 mm Breite und 680 mm Länge und

die Rinnenblech-Formate von 320, 370, 420, 470 und 520 mm Breite bei gemeinfamer Länge von 750 mm.

Als Normalabmeffung der Senklerbleche gilt das Einfach-Format; Foderbleche werden in Einfach- und Doppel-Format erzeugt.

Die Verpackung gefchieht nach bisherigem Gebrauch in Holzkiften von 300 Tafeln Inhalt bei Einfach-Format, 150 Tafeln bei Doppel- und Hochfolio-Format, 75 Tafeln bei Vierfach-Format und bei den Rinnenblechen.

Die Bezeichnung der Qualität erfolgt durch die Zeichen *FF* für „fehr fein“, *F* für „fein“, *A* und *AA* für Ausfchuß.

Als Netto-Normalgewichte der Bleche haben für 1 Kifte zu gelten:

für 300 Tafeln Einfach-Format 90 kg
„ 150 „ Doppel-Format 90 kg
„ 150 „ Hochfolio-Format 90 kg
für 75 Tafeln Vierfach-Format und Rinnenblech 90 kg
„ 300 „ leichtes Einfach-Format 50, 42 u. 37 kg
„ 150 „ leichtes Doppel-Format 65 kg.

Schwarzbleche find entfprechend etwa 5 kg für die Kifte leichter.

Auf den Kiften find Fabriksmarke, Sorte und Qualität, fowie das Bruttogewicht erfichtlich zu machen. Die Preife find bei den laufenden Sorten für 1 Kifte, bei nicht laufenden für je 100 kg Nettogewicht anzugeben. Die bisherigen Bezeichnungen Senkler-, Foder-, Kreuzbleche ufw. find im Großverkehr fallen zu laffen.

Das Weißblech wird, wenn auch felten, zur Dachdeckung, für Dachtraufen, für Regenrohre, für Klappen ufw. angewendet.

286. Verzinkte Bleche.

δ) Verzinkte Eifenbleche, auch galvanifierte Bleche genannt, haben fich in den letzten Jahrzehnten, feit die betreffenden Herftellungsmethoden wefentlich verbeffert worden find, immer größeren Eingang verfchafft. Man zieht fie nicht nur den verzinnten Blechen, fondern auch vielfach den Zinkblechen vor, da fie billiger als die letzteren find, eine größere Tragfähigkeit befitzen und beim Temperaturwechfel keine fo großen Längenänderungen zeigen. Insbefondere find es die Dachdeckungen, für welche verzinktes Eifenblech häufig zur Anwendung kommt.

Verzinkte Bleche werden in gleichen Formaten wie Schwarz- und Weißbleche erzeugt, find aber auch in viel größeren Abmeffungen (bis zu 4 m Länge) zu haben.

287. Blecherzeugniffe.

Unter den Blecherzeugniffen ragen, wenn man von den weniger bedeutenden derfelben und von folchen, die hauptfächlich als Ausbaumaterial oder

[171]) A. a. O., S. 165.

für Dekorationsgegenſtände dienen, wie Herde, Ofen, Röhren, Dachfenſter, getriebene Zierteile, gepreßte Ornamente, allerhand Erzeugniſſe der Bau- und Kunſtſchloſſerei uſw., abſieht, beſonders die gepreßten und gelochten Bleche, ſowie die Wellbleche, die Tonnenbleche, die Buckelplatten und die *Lindſay*-Tröge hervor.

288. Gepreßte und gelochte Bleche.

α) Gepreßte und gelochte Bleche. Vielfache Verwendung als Bodenplatten für Balkone, Pflanzenhäuſer, Maſchinenräume uſw. finden die gerippten Bleche, welche ſich kreuzende Rippen eingepreßt erhalten und in Größen von 3 cm Länge bei 90 cm Breite hergeſtellt werden. Zu erwähnen ſind ferner, für Kellerfenſterverſchlüſſe, lüftende Decken, Treppenſtufen uſw. verwendet, die gelochten Bleche, welche ebenfalls in den gleichen Abmeſſungen und mit verſchiedenen Formen und Größen der Durchbrechungen geliefert werden.

Außer dieſen in großen Formaten erzeugten Fabrikaten ſind noch diejenigen Erzeugniſſe zu nennen, die für die Zwecke der Dachdeckung hergeſtellt werden und an die Stelle der Dachziegel treten. In Teil III, Band 2, Heft 5 (Abſchn. 2, F, Kap. 38, unter e: Dachdeckung mit Eiſenblech) dieſes „Handbuches“ wird von ſolchen Formblechen eingehend die Rede ſein.

289. Wellbleche.

β) Wellbleche werden vielfach mit Vorteil angewendet, und zwar ſowohl derart gewellte Bleche, daß die Wellenbreite nicht kleiner iſt als die Wellentiefe, wie dies gewöhnlich der Fall iſt, oder auch ſolche, bei denen die Welle tiefer als breit iſt, indem Rücken und Tal halbzylindriſch geformt und durch lotrechte Ebenen verbunden ſind, wie dies bei den ſog. Trägerwellblechen ſtattfindet, welche durch ***Hein, Lehmann & Co.*** in Berlin eingeführt worden ſind und nunmehr auch von anderen Anſtalten erzeugt werden.

Die flachen Wellbleche werden in Dicken von 0,5 bis 6,0 mm mit Wellenhöhen von 12 bis 75 mm bei einer Wellenbreite von 40 bis 230 mm hergeſtellt und beſitzen etwa 1 m Breite und bis 4 m Länge. Die Trägerwellbleche kommen in Dicken von 1 bis 5 mm mit Wellenhöhen von 15 bis 140 mm und Wellenbreiten von 40 bis 150 mm vor, die Wellenbreiten als den Abſtand zweier Wellenrücken gemeſſen; die größte Länge der Trägerwellbleche beträgt 4 m, die größte Breite 70 cm. Das Nähere über die üblichen Abmeſſungen der flachen und der Trägerwellbleche, ihrer Gewichte uſw. wird in Teil III, Band 2, Heft 3 (Abſchn. 2, Kap. 6, b, unter 2) dieſes „Handbuches“ vorgeführt werden.

Gewöhnliches verzinktes Wellblech wird hauptſächlich zu Dachdeckungen benutzt; allein auch Wand- und Deckenkonſtruktionen, ſowie Tore, Türen und andere bewegliche Verſchlüſſe, ebenſo Treppen uſw. werden aus dieſem Material hergeſtellt.

Das Trägerwellblech, in der Regel gleichfalls verzinkt, wird für gleiche Zwecke angewendet, namentlich dann, wenn es ſich um große Belaſtungen handelt. Infolge ſeiner großen Tragfähigkeit iſt es auch geeignet, unmittelbar, ohne beſondere ſtützende Konſtruktionsteile, als Träger aufzutreten; namentlich laſſen ſich mit bombierten Blechen freitragende Dächer ohne eigentlichen Dachſtuhl herſtellen, ſo daß Binderkonſtruktion und Dachdeckung in einem einzigen Konſtruktionsteile vereinigt ſind.

290. Tonnenbleche, Buckelplatten u. *Lindſay*-Tröge.

γ) Für Deckenkonſtruktionen (zur Ausfüllung der Balkenfache) werden bisweilen Tonnenbleche, Buckelplatten und *Lindſay*-Tröge verwendet.

Die Tonnenbleche werden bis zu 4 qm Größe bei den verſchiedenſten Längen- und Breitenverhältniſſen und gewöhnlich 4 bis 10 mm Stärke, mit $^1/_{12}$ bis $^1/_8$ Pfeil gebogen, in den Handel gebracht.

Die Buckelplatten, von ***Mallet*** eingeführt, ſind gewöhnlich quadratiſch oder länglich-viereckig geſtaltet und haben eine leichte Erhöhung, einen ſog. Buckel, welcher ſich kugelſegmentförmig nach den Rändern hin verflacht, wo er in einen flachen Rand oder Saum übergeht. Die Längen und Breiten der Buckelplatten ſchwanken zwiſchen 1490 und 1180 mm, die Pfeilhöhe des Buckels zwiſchen 130 und 75 mm, die Blechdicke von 6,5 bis 10 mm.

Die *Lindſay*-Tröge werden als Platten mit verſtärktem Mittelteil gewalzt und dann rund oder kantig in die Trogform gebogen. Sie haben eine bedeutende Tragfähigkeit; ſelbſt unter ſchweren Laſten kann man lichte Weiten bis zu 12 m ohne zwiſchengelegte Unterzüge damit überſpannen.

7) Draht und ſonſtige Schmiedeeiſenerzeugniſſe.

291. Draht.

α) Der Eiſendraht kommt gegenwärtig in 42 verſchiedenen Sorten nach Normalabmeſſungen, welche in einer Verſammlung deutſcher Fabrikanten zu Hagen am 11. Dezember 1873 als „Neue deutſche Drahtlehre“ angenommen wurden, in den Handel. Das Binden des Drahtes geſchieht je nach ſeiner Stärke in Bunden von 2, 5, 10, 25 und 50 kg.

Die neue Draht- und Blechlehre, welche auch für Drahtftifte und Nägel Gültigkeit hat, ift nach den Grundgedanken und Vorfchlägen des Wiener Mechanikers *W. Kraft* angenommen worden. Diefelben find kurz folgende:

a) Jede Nummer muß eine beftimmte Dicke bezeichnen, die von jedermann mit entfprechenden Inftrumenten leicht und ficher gemeffen werden kann.

b) Damit der Vergleich mit Tabellen entfällt, hat die Nummer gleichzeitig die Anzahl Maßeinheiten, welche die Dicke enthält, auszudrücken.

c) Die Unterfchiede zwifchen den einzelnen Nummern haben eine regelmäßige Zu- und Abnahme zu zeigen; die neue Lehre felbft aber foll dem Verbraucher die nötige Auswahl bei der wirklichen Verwendung geftatten, ohne dem Erzeuger das Aufbringen eines wohlverforgten Lagers übermäßig zu erfchweren.

d) Diefe allgemeine Lehre foll für die befonderen Bedürfniffe die gleiche Sprache und Bezeichnung geftatten und auf metrifches Maß gegründet fein.

Für größere Drähte und Bleche find die Abftufungen der Abmeffungen nach Zehntel-Millimeter als Einheiten, für feinere nach Hundertel-Millimeter unter möglichfter Beibehaltung der bisherigen Handelsgebräuche durchgeführt. Dadurch bekam die *Kraft*'fche Lehre 42 Nummern, wovon die gröberen 30 Nummern in Abftufungen von 0,6 bis 0,1 mm Unterfchied fich teilen, während die feineren 0,05 0,03 und 0,02 mm Unterfchiede zeigen; dabei ift für die Bezeichnung die Bruchform gewählt, fo daß der Zähler die Anzahl der Zehntel-Millimeter, der Nenner die Anzahl der Hundertel-Millimeter angibt. Nr. 3/1 heißt deshalb: ein Draht oder Blech von 0,3 + 0,01 mm = 0,31 mm Durchmeffer, bezw. Dicke und wird gelefen: „Nr. Drei-Eins".

Gegenüber den bisherigen Lehren für Draht, Blech und Bandeifen, den englifchen, franzöfifchen und Dillinger, ftellt fich die neue Millimeterlehre wie folgt:

Neue deutfche	Nr.	100	94	88	82	76	70	65	60	55	50	46	42	38	34	31	28	25	22	20	18	16
(*Kraft*'fche) Lehre	Dicke (in Millim.)	10	9,4	8,8	8,2	7,6	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,6	4,2	3,8	3,4	3,1	2,8	2,5	2,2	2,0	1,8	1,6
Engl. Lehre:	Nr.	0/0	—	0	1	—	2	—	4	5	6	7	8	9	10	11	—	12	13	14	15	16
Franz. Lehre:	Nr.	28	—	27	26	—	25	—	24	23	—	22	21	20	19	18	—	18	15	14	13	12
Dilling. Lehre:	Nr.	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	—	—	—	11	—	13	—	—
Neue deutfche	Nr.	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5/5	5	4/5	4	3/7	3/4	3/1	2/8	2/6	2/4	2/2	2
(*Kraft*'fche) Lehre:	Dicke (in Millim.)	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4	0,37	0,34	0,31	0,28	0,26	0,24	0,22	0,2
Engl. Lehre:	Nr.	17	—	18	19	20	21	22	23	25	—	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Franz. Lehre:	Nr.	10	9	8	7	6	5	4	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Dilling. Lehre:	Nr.	—	—	—	—	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Der Draht kommt als gröberer Walzdraht und feinerer gezogener Draht in den Handel. Außer dem runden Draht wird auch folcher mit flachem, halbrundem, dreikantigem ufw. Querfchnitt erzeugt, endlich auch folcher mit Stacheln, fog. Stacheldraht, der in Europa von *Felten & Guillaume, Carlswerk* in Mühlheim a. Rh. eingeführt worden ift.

Der Draht kommt an und für fich, bald ohne Überzug, bald verzinnt oder verzinkt (galvanifiert) im inneren Ausbau zur Anwendung; allein auch Drahtfeile, Drahtketten, Drahtgeflechte ufw. werden im Hochbauwefen vielfach benutzt[172]).

292. Nägel und Drahtftifte.

β) Gefchmiedete Nägel und Drahtftifte werden in Packeten nach dem Gewichte, unter gleichzeitiger Angabe der annähernden Stückzahl, verkauft. Die Länge derfelben wird in Millimetern, ihre Dicke in den Nummern der *Kraft*'fchen Lehre angegeben.

Die für die verfchiedenen Zwecke gebräuchlichen Bezeichnungen des gewöhnlichen Lebens, als Schiff-, Boden-, Latten-, Brett-, Schindel-, Schloß-, Schiefernägel ufw. bezeichnen gefchmiedete Nägel, deren Abmeffungen nicht fcharf eingehalten find und deren Form auch nach örtlichem Gebrauch wechfelt. Die nach den verfchiedenen Gewerben bezeichneten und entfprechend geformten Bau-, Wagner-, Schloffer-, Glafer-, Schreiner-, Schiefer-, Pappdach-, Tapezier-, Rohr- ufw. Stifte ufw. unterfcheiden fich hauptfächlich in der Form der Köpfe und in der Art der Aufrauhung des Halfes und der Seitenrippen. Die Dicken folgen der Drahtlehre, die Längen dem Verbindungszwecke.

[172]) Siehe auch:
JAPING, E. Draht und Drahtwaren ufw. Wien 1884.
FEHLAND, H. Die Fabrikation des Eifen- und Stahldrahtes, gewalzt und gezogen, fowie der Drahtftifte. Weimar 1886.

293. Niete und Schrauben.

γ) Niete und Schrauben find vielfach gebrauchte Verbindungsmittel. Über Form und Abmeffungen der erfteren, fowie auch der fog. Mutterfchrauben wird noch in Teil III, Band 1 (Abt. I, Abfchn. 3, Kap. 3: Konftruktionselemente in Eifen) diefes „Handbuches" die Rede fein.

Holzfchrauben werden nach Länge und Stärke, auch nach der Form des Kopfes, welcher flach oder fphäroidifch fein kann, unterfchieden; die flachköpfigen werden in die Holzfläche eingefenkt. Holzfchrauben werden in Packeten zu je 144 Stück verkauft; die gangbarften Sorten find jene von 25 mm Länge und 3,2 mm Durchmeffer bis zu 75 mm Länge und 10 mm Durchmeffer.

294. Röhren.

δ) Schmiedeeiferne Röhren find als gezogene, als gewalzte und als nahtlofe Rohre zu unterfcheiden. Nur die erfteren, welche bloß einem fchwachen Druck ausgefetzt werden können, finden im Hochbauwefen ausgedehntere Anwendung, und zwar hauptfächlich zu Gasleitungen, weshalb fie wohl auch fchlechtweg Gasröhren genannt werden. Indes werden fie auch zu anderweitigen Leitungen, bisweilen mit Überzügen von Zinn oder Zink verfehen, fowie auch zu mannigfaltigen fonftigen Zwecken häufig benutzt. In Fällen, wo man bei tunlichft geringem Eigengewicht möglichft fteife Stangen oder Stäbe erzielen will, bilden fchmiedeeiferne Röhren ein vortreffliches Material.

Im Handel kommen die Gasröhren in nachftehenden Abmeffungen vor:

Lichte Weite		Äußerer Durchmeffer der Röhre	Äußerer Durchmeffer des Gewindes	Tiefe des Gewindes	Zahl der Gewinde auf 1 Zoll engl.	Gewicht für 1 m
1/4	6,4	12,5	12,5	0,8	19	0,70
3/8	9,5	16,0	16,0	0,8	19	0,82
1/2	12,7	20,0	20,0	1,0	14	1,02
5/8	15,9	23,5	23,5	1,0	14	1,30
3/4	19,1	26,5	26,5	1,0	14	1,65
1	25,4	33,0	33,0	1,6	11	2,79
1 1/4	31,8	41,0	41,0	1,6	11	3,94
1 1/2	38,1	48,0	48,0	1,6	11	5,38
2	50,8	60,0	60,0	1,6	11	6,40
Zoll engl.	Millim.	Millimeter				Kilogr.

Die erft in den letzten Jahren erzeugten nahtlofen Rohre, auch *Mannesmann*-Rohre genannt, werden unmittelbar aus einem vollen runden Block zwifchen Walzen oder Scheiben derart ausgewalzt, daß die letzteren in den arbeitenden Flächen einander entgegengerichtet laufen, fo daß das Arbeitsftück felbft fich mitdrehen muß. Solche Rohre halten einen Arbeitsdruck von 50 kg für 1 qcm aus. Diefes vorzügliche Material dürfte im Hochbauwefen nur in feltenen Fällen Verwendung finden [178].

d) Stahl.

295. Schweißftahl.

Bereits früher wurde gefagt, daß der Stahl in Schweißftahl und Flußftahl zu trennen ift. Unter Schweißftahl verfteht man das im teigigen Zuftand durch das Herdfrifch- oder Puddelverfahren gewonnene fchmiedbare, merklich härtbare, nicht fchlackenfreie Material. Will man das Herftellungsverfahren befonders hervorheben, fo kann man Herdfrifchftahl und Puddelftahl unterfcheiden. Das

[178] Über Fabrikation von Röhren fiehe: Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbfl. 1900, S. 361.

Schweißen des Stahls heißt Gärben; deshalb wird der Schweißſtahl auch Gärbſtahl genannt.

Das Friſchverfahren wurde bereits in Art. 258 (S. 257) kurz erläutert. Wird feſtem Roheiſen durch Oxydation Kohlenſtoff entzogen, ſo entſteht ſchweißbarer Guß- oder Glühſtahl; den ganzen Vorgang nennt man Glühfriſchen. Auch das Puddelverfahren wurde an der gleichen Stelle kurz erklärt.

296. Flußſtahl.

Den Ausführungen in Art. 231 (S. 240) entſprechend iſt Flußſtahl das im flüſſigen Zuſtande nach dem Tiegel-, *Beſſemer-*, *Thomas-* oder *Martin-*Verfahren hergeſtellte ſchmiedbare, merklich härtbare, ſchlackenfreie Material. Will man auch hier das Herſtellungsverfahren betonen, ſo können die Bezeichnungen Tiegel-Flußſtahl, *Beſſemer-*Flußſtahl, *Thomas-*Flußſtahl und *Martin-*Flußſtahl gewählt werden, wobei der Name „Tiegel-Flußſtahl" mit der ſonſt auch üblichen Bezeichnung „Gußſtahl" zuſammenfällt.

In Art. 264 (S. 259) wurde bereits kurz erläutert, wie Flußmetall dargeſtellt wird. Soll dabei Stahl erzeugt werden, ſo wird meiſtens Roheiſen und Schmiedeeiſen zuſammengeſchmolzen; der Vorgang heißt dann Stahlkohlen. Man kann aber auch dem Eiſen, dem man nahezu ſämtlichen Kohlenſtoff entzogen hat, wieder reinen Kohlenſtoff (in Form von Holzkohle) zuführen; ändert ſich dabei der feſte Aggregatzuſtand des Eiſens nicht, ſo entſteht Zementſtahl; wird eine Schmelzung vorgenommen, ſo wird Kohlenſtahl erzeugt.

Größere Stahlſchmiedeſtücke und andere größere Gegenſtände werden durch unmittelbaren Guß des Flußſtahls in entſprechende Maſſeformen hergeſtellt; auf dieſe Weiſe entſteht der Stahlformguß oder Stahl-Faſſonguß. Sollen feinere Formſtücke erzeugt werden, ſo werden ſorgfältig ausgewählte Stahlſtücke vor dem Guß durch Umſchmelzen in feuerfeſten Tiegeln verfeinert; ſolches Material heißt alsdann Tiegelgußſtahl oder kurzweg Gußſtahl.

Ähnlich, wie bei Schweiß- und Flußeiſen kann auch hier die Form als Blech, Stab oder Draht durch Vorſetzen der Benennung Flußſtahl gekennzeichnet werden, indem man die Namen Flußſtahlblech, Flußſtahldraht uſw. wählt.

297. Eigenſchaften.

Der Stahl wird im Hochbauweſen verhältnismäßig nur ſelten als Konſtruktions-Material verwendet, deſto häufiger jedoch im inneren Ausbau. Insbeſondere ſind es die Eigenſchaften großer Elaſtizität, Feſtigkeit und Zähigkeit, welche ihn für dieſe Zwecke hervorragend geeignet erſcheinen laſſen; dieſelben werden noch dadurch erhöht, daß man den Stahl nach Bedarf härter oder weicher machen kann. Die natürliche und künſtliche Härte nimmt mit dem Kohlenſtoffgehalt ab und zu. Allgemein anerkannte Normalabſtufungen für die Härte des Stahls, alſo allgemein anerkannte Härtegrade, beſtehen dafür zur Zeit noch nicht. Der deutſche Werkzeugſtahl (Tiegelſtahl mit einem Kohlenſtoffgehalt von 0,75 bis 1,50 Vomhundert) wird in der Regel in 6 bis 7 Härtenummern in den Handel gebracht; er wird mit einer Papierbeklebung verſehen, auf welcher Härtenummer und Kohlenſtoffgehalt angegeben ſind; außerdem zeigt die Beklebung eine Anlauffarbe.

Stahl beſitzt auf der höchſt feinkörnigen und gleichmäßigen Bruchfläche bei lichtgrauweißer Farbe einen eigentümlichen ſamtartigen Glanz. Die Feinheit des Kornes nimmt mit dem Raffinieren zu; Arbeitsfehler laſſen ſich leicht durch das Korn erkennen. Selbſtverſtändlich gelten die Forderungen auf Abweſenheit von Rot- und Kaltbrüchigkeit auch beim Stahl, wobei berückſichtigt werden muß, daß gehärteter Stahl ſehr ſpröde und kalt nicht ſchmiedbar und biegſam iſt. Im allgemeinen iſt ſtets der härtere Stahl auch der feſtere; hingegen beſitzt der angelaſſene größere Zähigkeit. Gegoſſener Stahl iſt weniger feſt als geſchmiedeter, gewalzter und Flußſtahl.

298. Gewicht.

Angaben über das Einheitsgewicht des Stahls und ſeiner Ausdehnungsziffer bei Temperaturerhöhungen wurden bereits in Art. 238 u. 239 (S. 244) gemacht. Nach *Mehrtens* beträgt das Einheitsgewicht 7,5 bis 8,0; ungehärteter Stahl

hat ein größeres Einheitsgewicht als gehärteter. Nach den „Normalbedingungen usw.“ ist das Eigengewicht des Flußstahls zu 7850 kg für 1 cbm anzunehmen.

299. Elastizität.

Nach den Versuchen von *Bauschinger, Duleau, Gerstner, Jenny, Kerpely, Morin, Röbling, Styffe, Tredgold, Tresca, Wertheim* u. a. schwankt die Elastizitätsziffer des Stahls zwischen 1428 und 2740 t für 1 qcm; nach *Winkler* kann man dieselbe im Mittel zu 2200 t für 1 qcm einführen. Seine Elastizitätsgrenze für Zug und Druck bewegt sich zwischen 1,83 und 7,00 t für 1 qcm, kann jedoch, demselben Fachmann zufolge, zu 3,5 t für 1 qcm angenommen werden. Annähernd beläuft sich die Elastizitätsgrenze auf $^3/_5$ der Festigkeitsziffer.

300. Zugfestigkeit und Zähigkeit.

Die Zugfestigkeit des Stahls ist ziemlich veränderlich. Dieselbe wird mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt erhöht; beim Gußstahl hat außer der Menge des chemisch gebundenen auch die des nicht gebundenen Kohlenstoffes Einfluß. Die Menge des nicht gebundenen Kohlenstoffes wird durch Umschmelzen vermindert, die Festigkeit dadurch erhöht; *Fairbairn* und *Guettier* fanden die größte Zugfestigkeit nach 8 bis 12-maligem Umschmelzen. Dehnbarkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Stöße usw. nehmen bei Zusatz von Kohlenstoff ab.

Bauschinger, Dahlmann, Gerstner, Jenny, Rennit, Tresca, Wöhler u. a. haben Versuche über die Zugfestigkeit angestellt; die ermittelten Durchschnittswerte schwanken zwischen 4990 und 14300 kg für 1 qcm. Nach *Winkler* kann man im Mittel für harten Stahl 6500, für mittelharten 5500 und für weichen 4500 kg für 1 qcm annehmen.

Den Einfluß des Kohlenstoffgehaltes auf die Zugfestigkeit des Stahls drückt *Weyrauch* auf Grundlage der *Bauschinger*'schen Versuche durch $4{,}35\ (1 + n^2)$ aus, wenn n den Kohlenstoffgehalt in Prozenten angibt.

Die Zugfestigkeit von Stahldraht ist von *Fairbairn, Jenny* und *Röbling* untersucht und zu 8800 bis 19900 kg für 1 qcm gefunden worden. Nach *Winkler* läßt sich der betreffende Koeffizient zu $1{,}10 + \frac{4{,}1}{d}$ Tonnen für 1 qcm annehmen, wenn d die Drahtdicke (in Millim.) bezeichnet.

Nach *Mehrtens* kann die Zugfestigkeit des weichsten Flußstahls zu 4500, des weichen Flußstahls zu 5000, des mittelharten Flußstahls zu 5500, des harten Flußstahls zu 6000, des sehr harten Flußstahls zu 6500, der verschiedenen Sorten von Tiegelgußstahl zu 4500 bis 14000 und des Gußstahldrahtes zu 8000 bis 25000 kg für 1 qcm angenommen werden. Die Dehnung (für 20 cm Länge) beziffert sich bei denselben Sorten des Flußstahls bezw. zu 22, 19, 16, 14, und 10 Vomhundert, bei den verschiedenen Sorten von Tiegelgußstahl zu 0,7 bis 10 Vomhundert.

Nach den „Normalbedingungen usw.“ sollen die aus Flußstahl herzustellenden gegossenen oder geschmiedeten Teile (Auflagerteile oder dergl.) eine Festigkeit von 4500 bis 6000 kg für 1 qcm und eine Dehnung von mindestens 10 Vomhundert aufweisen.

Man ist seit langer Zeit bemüht, dem Eisen und Stahl durch Beimengen von anderen Metallen, namentlich Mangan, Nickel, Chrom und Kupfer, eine größere Festigkeit, sowie auch vermehrte Zähigkeit zu verleihen. Innerhalb gewisser Grenzen ist dies auch gelungen, und die unten genannte Quelle [174]) gibt näheren Aufschluß über in dieser Richtung mit Manganstahl, mit Nickelstahl, Chromstahl und Kupferstahl angestellte Versuche. Danach scheinen Festigkeit und Zähigkeit namentlich beim Manganstahl sehr bedeutend zu sein, da man bei einer Zumischung von etwa

[174]) WEYRICH, C. Über Stahlgemische durch Zusatz von Metallen. Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 246.

14 Vomhundert Mangan und 1 Vomhundert Kohlenftoff eine Feftigkeit von etwa 10000 kg für 1 qcm bei 50 Vomhundert Dehnung erreicht hat.

301. Druck-, Bruch- und Abfcherungs-feftigkeit.

Für die Druckfeftigkeit des Stahls liegen Verfuche von *Baufchinger*, *Kirkaldy* und *Wade* vor; je nachdem das Verhältnis der Höhe des Probekörpers zu feiner Dicke verfchieden war, erhielt man auch ungemein abweichende Ergebniffe; die Mittelwerte derfelben fchwanken zwifchen 1400 und 10900 kg für 1 qcm. Nach *Heinzerling* beträgt die Bruchfeftigkeit etwa $^7/_8$ der Zugfeftigkeit.

Die Biegungsfeftigkeit hängt zum Teile von der Form des Querfchnittes ab; bei **I**-förmiger Geftalt kann man nach *Winkler* den Koeffizenten für Biegungsfeftigkeit jenem für Zugfeftigkeit gleichfetzen.

Die Abfcherungsfeftigkeit läßt fich, ähnlich wie beim Schmiedeeifen, zu $^4/_5$ der Zugfeftigkeit annehmen.

302. Roftvermögen.

Die Widerftandsfähigkeit des Stahls gegen das Roften ift geringer als beim Gußeifen, aber größer als beim Schweiß- und Flußeifen.

Nach den in Art. 250 (S. 253) bereits erwähnten Verfuchen *Gruner*'s verlieren Platten aus gewöhnlichem (kohlenftoffhaltigem) Stahl durch feuchte Luft im Laufe von 20 Tagen etwa 3 bis 4 g für je 2 qdm Oberfläche an Gewicht; Chromftahl ift der Roftbildung mehr unterworfen als gewöhnlicher Stahl; Wolframftahl hingegen roftet weniger leicht als diefer. In 9 Tagen verlieren Platten aus gewöhnlichem Stahl durch Seewaffer auf je 2 qdm Oberfläche 1 bis 2 g, aus *Beffemer*-Stahl 3,5 g an Gewicht; gehärteter Stahl wird weniger als zweimal geglühter Stahl angegriffen, weicher Stahl weniger als Chromftahl und Wolframftahl weniger als gewöhnlicher Stahl von gleichem Kohlenftoffgehalt. Angefäuertes Waffer löst Stahl weniger fchnell als Gußeifen.

303. Handelsforten und Erzeugniffe.

Stahl wird fowohl in Stabform, wie auch als Blech und Draht in den Handel gebracht.

Das Stahlblech findet mannigfaltige Anwendung zu Rolljaloufien u. dergl., der federnde Stahl zu Türfchlöffern ufw.

Aus Flußftahl kann man in fertiger Form durch Guß Gegenftände (Mafchinenbeftandteile) herftellen, daher die Bezeichnung Stahlgußwaren.

e) Roftfchutzmittel.

304. Schutzmittel.

In Art. 240 (S. 244) wurden bereits Entftehen und Weiterbildung des Roftes auf Eifen und Stahl erläutert und dadurch gezeigt, wie die Dauerhaftigkeit diefer Materialien durch den allgegenwärtigen Sauerftoff in Verbindung mit Feuchtigkeit und Kohlenfäure in wefentlicher Weife herabgemindert wird. Da durch den Roft auch die Tragfähigkeit unferer Eifenkonftruktionen verringert wird, fo erhellt daraus die Notwendigkeit, Eifen und Stahl durch geeignete Schutzmittel tunlichft vor dem Roft zu bewahren.

Die bisherigen Erfahrungen haben entfprechend der Natur des Metalls allerfeits den Beweis geliefert, daß nur eine vollftändige und dauernde Abhaltung der feindlichen Elemente Sauerftoff, Waffer und Kohlenfäure wirkfamen Schutz gewähren kann. Vollftändige Abhaltung wird allerdings durch Überzüge und Anftriche verfchiedener Art erzielt; aber diefe Vollftändigkeit ift als Grundbedingung praktifch nur fchwer durch richtige Auswahl des fchützenden Materials und durch forgfältige und fachgemäße Behandlung zu erzielen. Dauernde Abhaltung ift deshalb fo fchwer, weil fie felten ganz vollftändig ift und weil auch die fchützende Decke felbft Veränderungen erleiden kann, welche ihre Wirkfamkeit fchwächen oder aufheben.

Ein für die Dauer und für alle Verhältniffe völlig ficheres Mittel ift noch immer nicht vorhanden, ungeachtet mancher gegenteiliger Behauptungen, die in der Regel aus Kreifen herrühren, die einer oder der anderen einfchlägigen Erfindung nahe ftehen.

Um Eifenkonftruktionen mit fchützenden Überzügen zu verfehen, kennt man verfchiedene Verfahren und zwar: 1) Überzüge mit Eifenoxyd-Oxydul bei höherer Temperatur oder das fog. Brunieren; 2) Metallüberzüge auf trockenem und naffem Wege, wozu das Verzinnen, Verzinken oder Galvanifieren, das Verbleien, Vernickeln, Verkupfern und Bronzieren gehört; 3) Emailüberzüge; 4) Anftriche mit Ölfirniffen, denen verfchiedene Bafen zugefetzt werden, wie Bleimennige, Eifenmennige, Ocker, Zinkftaub, Graphit; 5) Anftriche mit Harzfirniffen und Metallfeifen; 6) bituminöfe Anftriche, und 7) Anftriche mit Zement und Wafferglas [175]).

305. Brunieren.

Das Brunieren bewirkt fyftematifch und vollftändig dasfelbe, was dem gefchmiedeten Eifen vor dem gewalzten in bezug auf Roft fo großen Vorzug verleiht: einen Überzug von Eifenoxydul-Oxyd, welcher außerordentlich fefthaftet und je nach feiner Stetigkeit und Dicke die Unterlage mehr oder weniger vollftändig und dauerhaft fchützt. Es wurde fchon in den fechziger Jahren von *Thirault* in St.-Etienne eingeführt und unabhängig von ihm in Rußland für Schwarzblech angewendet. Später haben *Barff* [176]) in London und *Bower* [177]) ebendafelbft das Verfahren weiter ausgebildet und in die große Eifenindustrie eingeführt. Das Hervorrufen des Überzuges gefchieht in einem Flammofen mit Generatorfeuerung, in welchem die betreffenden Eifenftücke auf 600 bis 650 Grad C. erhitzt und einem Gasftrom ausgefetzt werden; hierauf läßt man die unvermifchten und unverbrannten Generatorgafe einwirken. Je nach der beabfichtigten Dicke des Überzuges (diefelbe fchwankt zwifchen 0,1 und 0,5 ^{mm}) muß man das Verfahren einige oder mehrere Male wiederholen.

Der fo erzeugte Überzug ift nicht fehr biegfam; doch haben neuere Verfuche, die mit Wellblech und fonftigem Dachdeckungsmaterial angeftellt worden find, gute Ergebniffe geliefert. Das Blech kann begangen und in mäßigem Grade gebogen werden, ohne daß die fchützende Decke abfpringt, und wo letzteres doch gefchehen follte, tritt das Roften immer nur an der verletzten Stelle felbft ein, ohne fich auf deren Umgebung auszudehnen.

In neuerer Zeit hat *Arthur* einen fchützenden Überzug von Magneteifen durch Behandeln des Eifens mit überhitztem Wafferdampf und Kohlenwafferftoff erzeugt; ebenfo hat *Méritens* denfelben dadurch hervorgebracht, daß das in ein Wafferbad von 70 bis 80 Grad C. gelegte Eifen eine längere Zeit der Wirkung des elektrifchen Stromes ausgefetzt wurde [178]).

306. Metallüberzüge.

Von den Metallüberzügen ift im allgemeinen zu bemerken, daß fie die dauerhafteften find und beffer haften als andere Überzüge, auch Temperaturfchwankungen ihrer wenig vom Eifen fich unterfcheidenden Ausdehnungsziffer halber leichter ertragen; allein einerfeits können felbft unmerkliche Unterbrechungen des Überzuges durch galvanifche Wirkung das Roften geradezu befördern, wenn das Überzugsmetall diefe Wirkung begünftigt und leitende Flüffigkeiten damit in Berührung kommen. Auch die technifchen Schwierigkeiten der Behandlung großer Stücke und die bei der Montage nicht zu vermeidenden unter-

[175]) Über Roftfchutzmittel im allgemeinen fiehe:

TREUMANN, J. Über die Mittel zum Schutze des Eifens gegen das Roften. Zeifchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. in Hannover 1879, S. 379

Préfervation du fer et de l'acier. Revue induftr. 1881, S. 113.

Confervation du fer. Le génie civil. 1882, Nr. 6.

HARTMANN, F. Das Verzinnen, Verzinken, Vernickeln, Verftählen und das Überziehen von Metallen mit anderen Metallen überhaupt. Wien 1881 – 3. Aufl. 1892.

ANDÉS, L. E. Der Eifenroft, feine Bildung, Gefahren und Verhütung ufw. Wien 1898

Nochmals die Roftfchutzmittel und deren Wertbeftimmung. Zeitfchr. f. Arch. u. Ing. 1898, Wochausg., S. 521, 545.

[176]) Siehe: *The prefervation of iron. Engng.,* Bd. 23, S. 193.

Die Confervirung von Eifenoberflächen. Mafch.-Conftr. 1880, S. 249.

[177]) Siehe: Kein Roft mehr. WIECK's ill. Gwbztg. 1881, S. 229.

[178]) Siehe auch:

Schutz des Eifens gegen Roft durch Magnetifieren. Wochfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1880, S. 407.

Das *Bower-Barff*'fche Verfahren Eifen vor Roft zu fchützen. Journal f. Gasb. u. Waff. 1883, S. 121.

brechenden Durchlochungen uſw. verhindern andererſeits eine allgemeine Anwendung dieſes Schutzmittels [179]).

Am allgemeinſten und mit dem beſten Erfolge hat ſich das Verzinken eingeführt, welches durch Eintauchen von vorher blank gebeiztem Eiſen in geſchmolzenes Zink bewerkſtelligt wird, alſo die übliche Bezeichnung des Galvaniſierens mit Unrecht führt. Galvaniſierte Gegenſtände haben weißgraue, matt glänzende Zinkfarbe mit ſtrahligblumiger Oberflächentextur und leiſten überall da äußerſt dauernden Widerſtand gegen Zerſtörung, wo nicht ſchwefelige Säure, wie in der Nähe gewiſſer Fabriken, oder Salzſäure, wie am Meeresſtrande, das Zink ſelbſt angreifen. Nach *Pettenkofer*'s Beobachtungen (an einem Zinkdach in München) waren 27 Jahre erforderlich, um 0,042 kg Zink für 1 qm (gleich einer Dicke von 0,006 mm) durch die atmoſphäriſchen Einflüſſe abzunutzen.

Das Zink geht oberflächlich mit dem Eiſen eine unvollkommene Legierung ein, welche ſelbſt dann noch ſchützt, wenn der Zinküberzug brüchig und abblätternd geworden iſt, was öfter, beſonders an gebogenen Blechen, vorkommt. Am häufigſten werden Blech und Draht (vergl. Art. 286 u. 291, S. 279 u. 281) verzinkt; jedoch werden auch größere Konſtruktionsteile bis 5 m Länge und 3 m Breite und darüber im Zinkbade überzogen. Wo Einwirkung von Säuredämpfen zu gewärtigen iſt, hat man den Zinküberzug noch mit einem Überzuge von Blei verſehen; dieſe Verbindung ſcheint für das Eiſen den beſten Schutz zu geben (ſiehe unten).

Hinſichtlich der erforderlichen Dicke des Zinküberzuges gehen die Meinungen auseinander. Nach den Erfahrungen der Fabriken ſoll er 0,07 bis 0,12 mm dick ſein; nach den in Berlin erzielten Ergebniſſen ſoll ſich eine Verzinkung, die 0,6 bis 0,7 kg auf 1 qm wiegt, bewähren. *Gerber* iſt für dünnen, die meiſten Konſtrukteure jedoch für dicken Überzug; letzterer führt bei Biegungen leicht Gefahren herbei [180]).

Das Verzinnen, hauptſächlich bei dünnen Blechen zur Herſtellung von Weißblech (vergl. Art. 285, S. 279) im Gebrauch, wird in ähnlicher Weiſe vorgenommen, wie das Verzinken, erfordert aber viel größere Sorgfalt und ſchützt erfahrungsmäßig viel weniger ſicher als das Zink, weil es in ſehr dünner, zu Unterbrechungen geneigter Schicht nur mechaniſch am Eiſen hängt und begonnenes Roſten durch galvaniſche Wirkung auch unter dem Überzuge raſch fortpflanzt.

Das Verbleien wird entweder durch Aufgießen des geſchmolzenen Metalls auf das gereinigte und erhitzte Eiſen oder durch Eintauchen des Eiſens in ein Bleibad vorgenommen und ſchützt wirkſam gegen Schwefelſäure- und Salzſäuredämpfe; das Blei geht jedoch mit dem Eiſen keine ſo feſte Verbindung ein wie das Zink und wird auch ſchon des höheren Preiſes wegen weniger als dieſes angewendet.

Einige Anſtalten erzeugen nach dem *Rabatel*'ſchen Verfahren verbleitverzinkte Bleche, die zuerſt mit einem Zinküberzuge verſehen und hierauf verbleit werden, welche alſo eine doppelte Schutzſchicht erhalten haben. Man benutzt dieſelben hauptſächlich zur Dachdeckung ſolcher Gebäude, in denen oder in deren Umgebung ſich viele Säuren entwickeln (Gasanſtalten, chemiſche Fabriken uſw. [181]).

Nach den „Normalbedingungen uſw.“ muß, ſobald eine Verzinkung, Verzinnung oder Verbleiung von Eiſenteilen ſtattfinden ſoll, dieſe als ein das Eiſen vollſtändig bedeckender, gleichmäßiger, guthaftender Überzug hergeſtellt werden.

Das Verkupfern, das Vernickeln und das Bronzieren [182]) geſchieht meiſtens auf elektriſchem Wege, wobei beſonders darauf zu achten iſt, daß die auf das Eiſen niedergeſchlagene Metallſchicht einen genügend dicken, vollkommen deckenden Überzug bildet.

[179]) Siehe:
HARTMANN, F. Das Verzinnen, Verzinken, Vernickeln, Verſtählen und das Ueberziehen von Metallen mit anderen Metallen überhaupt etc. Wien 1881. – 3. Aufl. 1892.
Zum Ueberziehen von Eiſen mit Metallen. WIECK's ill. Gwbztg. 1881, S. 190.
Verfahren zum Ueberziehen eiſerner Bolzen, Stangen, Bleche, Nägel uſw. mit Metalllegirungen, um das Roſten oder die Oxydation derſelben zu verhindern. Polyt. Journ., Bd. 145, S. 446. Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1858, S. 56.

[180]) Ueber das Verfahren beim Verzinken des Eiſens ſiehe: SCHUHMACHER. Die Verzinkung des Eiſens. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 351.
Vergl. ferner: SIMONY R. Die Verzinkung des Eiſens. Deutſche Bauz. 1875, S. 2.
Erfahrungen in Betreff verzinkten Eiſens für Bauzwecke. Deutſche Bauz. 1881, S. 417.
Das verzinkte Eiſen und ſeine Anwendung. Deutſche Bauz. 1887, S. 165, 171, 177.

[181]) Siehe: LEONHARDT, O. Schutzmittel des Eiſens. Verzinkung und Verbleiung. GLASER's Ann. f. Gwbe. u. Bauw., Bd 11, S. 251.

[182]) Siehe auch:
KRAFFT. *Nouveau mode de préſervation du fer. (Bronzage à la vapeur et bronzage à l'air.) Annales des ponts et chauſſées* 1878–II, S. 370.
Das Ueberziehen der Metalle auf galvaniſchem Wege. Maſchinenb. 1882, S. 188.
Cuivrage de la fonte et du fer. Revue induſtr. 1883, S. 361.

Fleitmann [183]) ſtellt auch nickelplattierte Eiſenbleche und -Drähte her, nachdem es ihm gelungen iſt, Nickel durch einen geringen Zuſatz von Magneſium ſchweißbar und mit Eiſen legierbar zu machen. Dadurch wird das galvaniſche Vernickeln vorteilhaft erſetzt [184]).

307. Schutzanſtriche.

Die Anſtriche, welche auf die Eiſenteile zum Zwecke des Roſtſchutzes aufgetragen werden, ſind ſowohl, was ihre Zuſammenſetzung als auch ihre Anwendbarkeit anbelangt, ſehr verſchieden; ſtets aber ſoll dem eigentlichen Anſtrich das Grundieren vorangehen. Vor dem Grundieren iſt das Eiſen ſorgfältig von Roſt und den Reſten früherer Anſtriche zu reinigen. Wenn möglich, alſo bei Neubauten, wird die Reinigung zuerſt auf mechaniſchem Wege — durch Scheuern und Bürſten — und hierauf auf chemiſchem Wege — durch Beizen in einem Bade von verdünnter Salzſäure — vorgenommen. Aus letzterem kommt das Eiſen in ein Kaltwaſſerbad, damit etwaige Säurereſte neutraliſiert werden, alsdann in ein Bad von reinem, heißem Waſſer. Das aus dieſem Bade herausgenommene Eiſen iſt in kürzeſter Zeit trocken und wird nunmehr grundiert.

Das Grundieren geſchieht mit Leinölfirniß, in welchen Mineralfarben abgerieben ſind, oder mit Spiritus-Lackfirniß (alkoholiſcher Harzlöſung). Leinölfirniſſe haben den Nachteil, daß ſie langſam trocknen und dann nicht recht feſt werden, wenn auf den noch nicht getrockneten Anſtrich ein Niederſchlag erfolgt. Als Mineralfarbe für den Leinölfirniß verwendet man Bleimennige oder Eiſenmennige. Erſtere bildet mit dem Eiſen eine ſehr harte Verbindung; auch reine Eiſenmennige eignet ſich gut und wird von mancher Seite der Bleimennige vorgezogen. Nicht zu empfehlen iſt Eiſenmennige mit einem größeren Tongehalt; die Farbe zieht infolge des Tongehaltes Waſſer an und bleibt weich; Eiſenmennige mit 20 Vomhundert oder mehr Tongehalt ſoll nicht verwendet werden. Eiſenmennige mit Spiritus-Lackfirniß gibt einen guten Grundierungsfirniß.

Auf das Grundieren folgt der eigentliche Deckanſtrich, für welchen gleichfalls Leinölfirniſſe und Spiritus-Lackfirniſſe mit verſchiedenen Mineralfarben in Anwendung ſind. Nach *Treumann* iſt für der Atmoſphäre ausgeſetzte Anſtriche reiner, beſter Leinölfirniß jedem anderen Firniß vorzuziehen. Als Mineralfarben für dieſe Deckanſtriche werden Bleiweiß oder Zinkweiß, in neuerer Zeit auch mit gutem Erfolge Litophone (eine Zinkſulfidfarbe) verwendet. Zinkweiß iſt nicht zu empfehlen, da es, den Sonnenſtrahlen ausgeſetzt, nur kurze Zeit hält. Gut iſt Bleiweiß; dasſelbe wird ſehr wetterbeſtändig, wenn dem letzten Deckanſtrich ein Zuſatz von Kreide gegeben wird (12 bis 15 Vomhundert der fertigen Farbe). Auch Graphit und Zinkſtaub (metalliſches Zink in feinſter Pulverform) wird ſehr gelobt; mit Leinölfirniß und Kreidezuſatz angeſtrichen ſoll ſich ein ſehr dauerhafter Anſtrich ergeben.

Ähnlich verhalten ſich die Harz- und Metallſeifenanſtriche; ſie haften, wenn ſehr dünn aufgetragen, beſſer als Ölanſtriche, geben aber mit Waſſer aufquellende und daher nicht mehr ſchützende Emulſionen, daher ſie im Waſſer ſelbſt nichts taugen.

Zu letzterem Zwecke eignen ſich beſſer die bituminöſen Anſtriche aus Teer mit Kalkſtaub, aus Goudron, aus Aſphalt, welche aber auf heißes Metall aufgetragen werden müſſen; ferner der Marineleim und beſonders das von der deutſchen Armeeverwaltung als ausſchließliches Roſtſchutzmittel eingeführte Kautſchuköl von *Dr. Beckers* [185]).

Zementanſtriche, aus ſehr fein gepulvertem, langſambindendem Portlandzement, entweder mit Waſſer oder beſſer mit entrahmter Milch angerührt, haben ſich ſehr gut bewährt; ſie haften gut, ſchützen bei gehöriger Dicke ſicher und dauerhaft, aber ſpringen bei heftigen Erſchütterungen ihrer zunehmenden Sprödig-

[183]) Neueſte Erfindungen und Erfahrungen 1881, VIII, S. 503.

[184]) Näheres über diejenigen Verfahrungsweiſen, die hauptſächlich für Dekorierungszwecke angewendet werden, ſiehe: DÜRRE, E. F. Die Herſtellung äußerer Ueberzüge auf Gußeiſen zum Schutz gegen Oxydation und Verzierung. Deutſche Ind.-Ztg. 1877, S. 5.

[185]) Siehe hierüber: Neueſte Erfindungen und Erfahrungen 1881, XIII, S. 631.

keit halber später leicht ab. Die Niagarabrücke ist mit Zement vortrefflich konserviert, und die Schiffsböden werden bereits seit längerer Zeit damit bekleidet [186]).

Wasserglas teilt die Sprödigkeit des Zements, schützt aber sonst gut. Seit etwa 10 Jahren werden sog. Silikatanstriche, d. i. Wasserglaskompositionen, wieder lebhaft empfohlen.

Nach *Ebert's* Mitteilungen [187]) wurde 1892 an einer im neuen Güterbahnhofe zu München erbauten Eisenbahnbrücke die Erprobung verschiedener Anstrichmittel eingeleitet. Neun nebeneinander liegende Brückenfelder wurden je mit einer besonderen Anstrichfarbe unterzogen; sämtliche Eisenteile werden mit Bürsten gereinigt, mit Leinölfirniß grundiert und mit einem dreimaligen Deckenanstrich wie folgt versehen:

Brückenfeld Nr. 1 mit einer Farbenmischung aus 75 Vomhundert Eisenmennige und 25 Vomhundert Zinkgrau,
" Nr. 2 mit Berliner Dauerfarbe,
" Nr. 3 mit *Rathjens* Komposition [188]),
" Nr. 4 mit *Pflug*'scher Platinfarbe,
" Nr. 5 mit *Rometsch*'s Platinfarbe,
" Nr. 6 mit *Bessemer*-Farbe,
" Nr. 7 mit Dr. *Graf*'s Schuppenpanzerfarbe,
" Nr. 8 mit Bleimennige,
" Nr. 9 mit Farbe Nr. 1.

Nach vierjährigem Bestande wurde eine erstmalige Besichtigung vorgenommen und gefunden, daß alle verwendeten Anstrichfarben sich bis dahin zufriedenstellend bewährt haben, keine davon aber derart, daß sie den anderen gegenüber bevorzugt werden könnte.

Die Literatur über „Rostschutzmittel“ ist in den Fußnoten 175 bis 188, S. 286 bis 289 angegeben.

308.
Emaillieren.

Email wird besonders für Abort- und Wasserleitungsgegenstände, sowie für Geschirre usw. verwendet und besteht aus einer leichtflüssigen Bor- oder Zinnglasur, welche entweder auf die blank gebeizten Eisengegenstände oder unmittelbar auf den Gußkern aufgetragen wird.

Ein gutes Email soll rasche Temperaturveränderungen ertragen, ohne Haarrisse zu bekommen. Man erhitzt daher Gegenstände, deren Glasur geprüft werden soll, bis zur Siedetemperatur des Wassers und bringt sie dann unmittelbar mit kaltem Wasser in Berührung. Sie dürfen auch nach oftmaliger Wiederholung dieses Verfahrens keine Sprünge oder Abblätterungen zeigen [189]).

Sind Eisenteile ammoniakhaltigen Dämpfen ausgesetzt, so ist Emaillierung das einzig zuverlässige Schutzmittel. Die Emaillierung wird in allen Farbentönen, vom stumpfsten Grau bis zum leuchtendsten Rot, hergestellt und hat besonders noch den Vorzug, die mitgeschützten Eisenteile den Wärmeeinflüssen weniger zugänglich zu machen, so daß deren Verwendung an solchen Stellen besonders empfehlenswert ist, wo die erhitzende Einwirkung der Sonnenstrahlen vermindert werden soll.

---

[186]) Siehe hierüber:
KLASEN, L. Schutz des Eisens gegen Rost bei Hochbaukonstruktionen. Deutsche Bauz. 1879, S. 365.
Zementüberzug von Eisen zum Schutze gegen Rostbildung. Deutsche Bauz. 1879, S. 375.
Iron in Portlandcement. Building news, Bd. 39, S. 317.

[187]) In: Deutsche Bauz. 1896, S. 254.

[188]) Siehe: *Rathjens*-Patent-Composition. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 247.

[189]) Vergl. auch:
RANDAU, P. Die Fabrikation der Emaille und das Emaillieren. Wien 1880.
Über das Emaillieren von Metallen. Polyt. Journ., Bd. 237, S. 302.
Die Verwendung des emaillierten Eisens im Bauwesen und die künstlerische Behandlung desselben zu dekorativen Zwecken. Deutsche Bauz. 1888, S. 378.

I. Teil, 1. Abteilung:

DIE TECHNIK DER WICHTIGEREN BAUSTOFFE.

2. Abfchnitt.

Materialien des Ausbaues.

1. Kapitel.

Zink, Blei, Zinn und Nickel.

Von † HANS HAUENSCHILD; neu bearbeitet von HUGO KOCH.

a) Zink.

300. Zink als Bauftoff.

Das Zink ift in feiner Verwendung als hervorragendes Ausbaumaterial ein Kind der Neuzeit. Obwohl es als Legierung fchon von den Alten angewendet worden ift, fo wurde es als Metall erft im XVI. Jahrhundert erkannt, und die Verwendung desfelben in der Baukunft ftammt erft aus den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts. Zwar hatten *Silvefter* und *Hopfon* fchon 1805 in Sheffield die Bedingungen der Dehnbarkeit desfelben aufgefunden und die Fabrikation von Zinkblech, fowie das Ziehen und Treiben von Zink begonnen; aber praktifche Bedeutung in der Baukunft erlangte diefes Metall erft, als *Schinkel* und *Beuth* anfangs der dreißiger Jahre des vorigen Jahrhunderts die von *Moriz Geiß* in Berlin eingeführte Verbefferung des Zinkguffes in ihrer vollen Bedeutung würdigten; von da ab eroberte fich das Zink rafch eine außerordentlich mannigfaltige Verwendung. Im Ornamenten- und Figurenguß, als Deckmaterial und fogar als Erfatz für Stein ift es an vielen Orten in der Architektur unentbehrlich geworden. Formbarkeit, Dauerhaftigkeit und Leichtigkeit, verbunden mit mäßigen Anfchaffungspreifen, ficherten dem Material den großen Erfolg.

Aber nicht bloß der von *Geiß* eingeführte Zinkguß, fondern auch die anderen Bearbeitungsweifen des Zinks, namentlich die Verwendung des Zinkbleches, das Walzen in Profilen, das Stanzen oder Preffen in Formen und in neuerer Zeit wieder das Treiben von Hand aus find für die fo außerordentliche Verbreitung des Gebrauches von Zink von größtem Werte geworden.

Während aus Zinkguß vorzüglich hohle Formen, Statuen, Vafen, Kandelaber, Voluten, Säulenkapitelle, Balufter ufw., befonders auch zur Verkleidung von Eifenkonftruktionen hergeftellt werden, entweder mit Farben- und Firnißbronzierung oder mit echt galvanifcher Bronzierung verfehen, dient das Zinkblech entweder in gefalzten Tafeln oder als Wellenzinkblech vorzüglich zur Dachdeckung, aber auch im gezogenen oder getriebenen Zuftande zu allen Arten Gefimfen, Konfolen, Verkleidungen ufw., während zum Formen von Rofetten und Flach- bis Halbreliefs und überhaupt von hohlen Formen ohne Unterfchneidung

das Stanzen in Anwendung ift. Auch der aus gezogenem Walzzink mit Eifenverftärkung hergeftellten Fenfterrahmen mag gedacht werden.

310. Eigenfchaften.

Die technifchen Eigenfchaften des Zinks haben alle diefe Bearbeitungsverfahren hervorgebracht. Der Zinkguß erlangte feine Bedeutung erft, nachdem das Hohlgießen in feuchten Sandformen bei einer dem Erftarrungspunkte fchon nahen Temperatur, und zwar in kleinen Formen mit verhältnismäßig geringer Wandftärke, eingeführt war. Denn das gefchmolzene Zink ift am dichteften und zum Guffe geeignetften bei niedrigen Temperaturen; fonft wird es porös und häufig mit Zinkoxyd verunreinigt und dadurch fehr fpröde und brüchig (verbranntes Zink). Da außerdem bei großen Formen eine gleichmäßige Temperatur des Guffes nicht leicht zu erzielen ift, dafür aber das Löten fehr leicht angeht, fo werden die größten Statuen ganz aus kleinen Stücken, die einzeln gegoffen werden, zufammengelötet, und es kommt für die Feftigkeit des Ganzen viel auf die zweckmäßige Einteilung der Lötfugen an. Die Lötfugen können auch ohne Zifelierung des Ganzen leicht unfichtbar gemacht werden.

Die Anwendung dünnwandiger Formen ift einerfeits durch die infolge der Leichtflüffigkeit des Zinks zu erzielende Sparfamkeit des Materials, andererfeits durch feine beträchtliche Wärme-Ausdehnungsziffer bedingt. Dadurch wird Leichtigkeit und Billigkeit vereint mit Dauerhaftigkeit erzielt.

Zink hat nämlich unter allen Metallen nebft Blei die größte Ausdehnungsziffer. Nach *Pictet* beträgt diefelbe linear von 0 bis 100 Grad C. 0,003108, alfo faft das Dreifache der Ausdehnung von Eifen; zudem ift die Feftigkeit von Gußzink eine fehr geringe; daher ift es erklärlich, warum dickwandige Gegenftände von gefchloffenen Formen bei Temperaturextremen als Ergebnis der inneren Spannung Sprünge bekommen.

Eine höchft wertvolle Eigenfchaft des Zinks ift es, durch Erhitzen des hexagonal blättrig kriftallinifchen Kauf- oder Gußmetalls bis über 100 Grad, aber unter 160 Grad, feine frühere Sprödigkeit zu verlieren und nun unter Annahme amorphen Gefüges dehnbar zu werden und diefe Dehnbarkeit auch bei niedrigen Temperaturen, wenn auch in geringerem Grade, zu behalten. Darauf beruht feine Anwendung in Blech- und Drahtform, fowie die Herftellung gezogener Profile, geftanzter und getriebener Gegenftände [190]).

Der niedrige Schmelzpunkt (412 Grad C.) und die hohe Ausdehnungsziffer des Zinks befchränken nach anderen Richtungen hin feine Verwendung oder bedingen hierbei geeignete Vorfichtsmaßregeln.

Die Verwendung des Zinks als Roftfchutzmittel für Eifen ift bereits in Art. 306 (S. 287) befprochen worden; feine Rolle bei den Metallegierungen foll im folgenden Kapitel (unter b) behandelt werden.

311. Dauerhaftigkeit.

Das Zink ift gegen die Atmofphärilien nur bis zu einem gewiffen Grade widerftandsfähig: eine leichte Oxydfchicht bildet fich, wenn Feuchtigkeit vorhanden, fehr rafch; aber eben diefe fchützt die unteren Partien fehr ausgiebig gegen das Weitereindringen der Zerftörung. Hingegen ift das Zink galvanifchen Wirkungen gegenüber fehr empfindlich; man hat beobachtet, daß unmittelbare Berührung mit anderen Metallen bei Gegenwart von Regenwaffer, welches häufig Spuren von Schwefelfäure enthält, rafche örtliche Zerftörung hervorrufen kann. Diefelbe Wirkung erzielen Kohlenteilchen, welche aus Schornfteinen auf Zinkdächer fallen; auch frifcher Kalk-, Gips und Zementmörtel wirken in ähnlicher Weife zerftörend.

312. Gewicht, Elaftizität und Feftigkeit.

Das Einheitsgewicht des Zinks fchwankt je nach feiner Struktur und Reinheit zwifchen 6,85 und 7,30. Seine Elaftizität ift gering; der Zahlenwert

190) Siehe: Kalischer. Der kryftallinifche Zuftand der Metalle. Polyt. Journ., Bd. 246, S. 486.

derselben ist je nach den verschiedenen physikalischen Zuständen bei verschiedener Temperatur und Bearbeitungsweise wechselnd; nach *Thurston* nimmt es schon bei geringen Spannungen bleibende Formveränderungen an und überschreitet die Elastizitätsgrenze bei einem unbestimmbaren, augenscheinlich sehr niedrigen Punkte.

Die Zugfestigkeit von Zink, und zwar von Gußzink (mit dem Einheitsgewichte 6,85), beträgt nach *Karmarsch* 198 kg für 1 qcm, zu Blech und Draht verarbeitet (bei einem Einheitsgewichte 7,3) aber 1315 bis 1560 kg für 1 qcm, während *Rankine* dieselbe allgemein zu 490 bis 560 kg für 1 qcm angibt. Nach *Tresca* beträgt die Abscherungsfestigkeit des Zinks 900 kg für 1 qcm.

313.
Handelsforten.

Das Zink kommt zu Gußzwecken in etwa 25 mm starken Platten als Kaufzink oder Gußzink in den Handel. Die großen Zinkhütten in Belgien und Schlesien verarbeiten das Zink hauptsächlich zu Blechen von verschiedener Größe und Stärke; aus den Blechen werden auch Drähte und Nägel hergestellt, welche zur Befestigung der Bleche bei Dachdeckungen dienen.

Die beiden größten Zinkerzeugungsstätten liegen einerseits in Belgien und in der benachbarten Rheinprovinz, der „Gesellschaft *Vieille Montagne* für Bergbau und Zinkhüttenbetrieb" mit ihrem Sitze in Chénée (Belgien) gehörig, andererseits in Oberschlesien, der „Aktien-Gesellschaft für Bergbau und Zinkhüttenbetrieb" zu Lipine angehörend. Numerierung nach Plattenstärken, Gewicht und Größe der Tafeln werden in Teil III, Band 2, Heft 5 (Abschn. 2, F: Dachdeckungen) dieses „Handbuches" angegeben werden.

Zur Dachdeckung werden nicht allein Zinkblechtafeln, sondern auch Blechschindeln, Blechziegel, Rauten und Schuppen verwendet. Schindeln und Ziegel aus Zinkblech, die den gewöhnlichen Dachziegeln nachgebildet sind, werden schon seit dem Beginn der dreißiger Jahre des vorigen Jahrhunderts erzeugt; aus denselben sind die verschiedenen Rautensysteme entstanden, deren älteste in die vierziger Jahre zurückreichen, und, um sichtbaren Dächern, Mansarden-, Kuppel- und Turmdächern größeren Reiz zu verleihen, kam man vom Rautensystem auf die Eindeckung mit Schuppen. Näheres über diese Deckungsmaterialien ist in Teil III, Band 2, Heft 5 dieses „Handbuches" zu finden. Urkundenkasten in Grundsteinen werden aus Zinkblech hergestellt, nach Einlegen des in Wachstuch gehüllten Inhaltes verlötet, auf 2 Mauersteine gestellt und ringsum mit Asphalt umgossen.

314.
Schutz gegen Zerstörung und sonstige Überzüge.

Zum Schutze des Zinks und zugleich zur Verdeckung der unschönen matt blaugrauen Farbe desselben dienen je nach dem Zwecke verschiedene Anstriche und Überzüge. Namentlich werden für Zinkgegenstände, welche nicht allzu großen Abnutzungen und Unbilden durch Wind und Wetter ausgesetzt sind, Sydramin- und Silikat-Farbenanstriche mit Vorteil angewendet; auch Farbenanstriche mit Lacküberzügen sind üblich. Für Statuen, Vasen, Kandelaber usw. hat man nach metallischen Überzügen gestrebt; aber erst seit *Hossauer* in Berlin 1854 das Bronzieren von Zinkgegenständen auf galvanischem Wege mit Glück eingeführt hat, ist der Kunstzinkguß mit der echten Bronze in achtbaren Wettbewerb getreten, da solche mit einer hinreichend dicken Bronzeschicht überzogene Gegenstände dieselbe schöne Farbe, den sanften Glanz und später die wertvolle Patina annehmen wie Statuenbronze. Heute werden die größten Statuen im galvanischen Bade aus Kupfervitriol, Cyankalium und Zinkvitriol unter Anwendung starker Ströme in kurzer Zeit tadellos bronziert. Grüne Patina soll durch mehrfaches Überstreichen der gereinigten Fläche mit Kupfernitratlösung, sodann mit einer Lösung von Hirschhornsalz hervorgerufen werden. *Puscher* in Nürnberg hat durch Behandlung der Zinkgegenstände mit basisch-essigsaurem Bleioxyd,

welchem verfchiedene Oxydfarbftoffe zugefetzt werden können, fehr haltbare, befonders zur Steinnachahmung geeignete Überzugsverfahren erfunden, welche fich fehr gut bewähren follen. *Böttger* hat ein namentlich für Dachdeckungen geeignetes Mittel durch Behandlung mit Kaliumchlorat und Kupfervitriol und weitere Behandlung mit einer verdünnten Löfung von Afphalt in Benzol gefunden, welches den Blechen eine fchöne fchwarze Farbe verleiht. In Frankreich verfieht man das zu Dachdeckungen dienende Zinkblech mit einem Bleiüberzug. (Siehe hierüber auch Teil III, Band 2, Heft 5 [Abfchn. 2, F, Kap. 38] diefes „Handbuches“.)

Literatur
über „Zink als Bauftoff“.

Zinc as a conftructive material. Building news, Bd. 15, S. 429, 444.
Der Zink in feinen verfchiedenen Verwendungsarten, befonders für die Anwendung des Zinkbleches im Baufach etc. Breslau 1857.
VOGEL, A. Das metallifche Zink etc. München 1861.
Ueber Zinkgießerei. Mafchinenb. 1873, S. 250.
KOLLER, TH. Ueber die praktifche Bedeutung des Zinks. WIECK's ill. Gwbztg. 1881, S. 15.

b) Blei.

315.
Blei
als Bauftoff.

Unter den unedlen Metallen das weichfte und fchwerfte, hat das Blei feiner außerordentlich leichten Formbarkeit halber, fowie wegen feines niedrigen Schmelzpunktes feit den älteften Zeiten in der Baukunft Verwendung gefunden. Die große Weichheit, verbunden mit leichter Hämmerbarkeit und Walzbarkeit, hat feine Anwendung in Platten- und Blechform bei Monumentalbauten zu Dachdeckungen und zum Ifolieren von feuchtem Untergrunde veranlaßt; auch dient es in diefer Form zu Zwifchenlagen in Steinfugen und Holzverbindungen. Sehr verbreitet find Bleiröhren für Waffer-, wohl auch für Gasleitungen, welche entweder gegoffen oder gepreßt vorkommen; auch muß der für Wafferverforgung dienenden, innen verzinnten, fog. Mantelröhren Erwähnung gefchehen. Lichte Weiten und Gewichte folcher Röhren werden in Teil III, Band 4 (Wafferverforgung der Gebäude) diefes „Handbuches“ angegeben werden.

Bekannt ift auch die Verwendung des gezogenen Bleies bei Fenfterverglafungen und des Bleiguffes für Statuen und Ornamente. Als eine Art von mechanifchem Mörtel dient das Blei zum Vergießen von Eifenteilen, die in Stein zu verfetzen find.

Die Dauerhaftigkeit von Blei ift eine fehr bedeutende; denn das rafche Erblinden blanken Bleies an feuchter Luft, herrührend von der Bildung von Bleifuboxyd, fchützt das Innere einigermaßen vor weiterer Oxydation; Waffer, befonders Regenwaffer, enthält weiße, darin fchwebende Schuppen von Bleioxydhydrat, daher unter gewiffen Umftänden die Gefahr von gefundheitsfchädlichen Einwirkungen unverzinnter Bleiröhren bei Wafferleitungen.

Über das Verhalten des Bleies gegen chemifche Einflüffe, denen es bei feiner Verwendung zu Leitungsröhren an der Luft, im Boden ufw. ausgefetzt fein kann, hat *Knorre* eingehende Unterfuchungen angeftellt[191]).

Durch diefe ift feftgeftellt, daß Blei, welches fich in größeren Maffen an der Luft befindet, eine ziemlich unbegrenzte Haltbarkeit befitzt, während es in feiner Verteilung durch Luft und Feuchtigkeit fehr rafch oxydiert wird. Trockene Luft und luftfreies Waffer wirken auf Blei nicht

[191]) Siehe: Deutfche Bauz. 1887. S. 45.

ein. Durch die Anwefenheit geringer Mengen von Kohlenfäure und doppeltkohlenfaurem Kalk wird die Oxydation des Bleies verhindert, dagegen durch faulende organifche Stoffe, durch Chlor und Salpeterfäure befördert. Ätzkalk (Kalkhydrat) veranlaßt bei Luftzutritt die rafche Zerftörung des Bleies; in gleicher Weife verhalten fich falpeterfaure oder fchwefelfaure Salze, felbft wenn fie nur in kleinen Mengen vorhanden find. Durch Ratten werden Bleiröhren angenagt, Bleieindeckungen durch Holzwürmer durchbohrt.

Die Längenausdehnung des Bleies durch die Wärme beträgt bei 1 Grad C. Temperaturerhöhung linear 0,002848; der Schmelzpunkt ift bei 334 Grad C. gelegen.

316. Bleiblech.

Zur Eindeckung von Dächern, Balkonen, Terraffen ufw. wird in Frankreich fehr häufig, in Deutfchland jedoch nur felten Bleiblech verwendet. Über die in Deutfchland üblichen Handelsformate fiehe Teil III, Band 2, Heft 5 diefes „Handbuches".

317. Gewicht, Elaftizität und Feftigkeit.

Das Einheitsgewicht des Bleies beträgt je nach der Reinheit 11,250 bis 11,445. Seine Elaftizität ift, der großen Weichheit entfprechend, nur gering; nach *Rankine* beträgt die Elaftizitätsziffer 50,620 t für 1 qcm. Auch die Zugfeftigkeit ift gering; fie beträgt nach *Karmarfch* für gegoffenes Blei 95 kg, für gewalzte Platten 83 bis 173 kg und für Bleidraht 213 bis 232 kg für 1 qcm. Die Druckfeftigkeit wird von *Rennie* mit 540 kg, die Abfcherungsfeftigkeit von *Tresca* mit 120 kg für 1 qcm angegeben [192]).

c) Zinn.

318. Zinn.

Zinn ift ein weißes, ftark glänzendes Metall, härter als Blei, welches fich hämmern und fein zu Zinnfolie (Stanniol) auswalzen läßt. Diefes wird als Ifoliermittel zu Wandbekleidungen ufw. benutzt. Schmelzpunkt bei 230 Grad C. Einheitsgewicht 7,3. Bleibt an der Luft blank und ift in Salzfäure und konzentrierter Schwefelfäure löslich. Es wird zu Orgelpfeifen, zum Verzinnen von Eifen (Weißblech) und Zink, fowie zu Legierungen benutzt. Bei großer Kälte (– 36 Grad) wird es fpröde und zerfällt fchließlich zu Pulver; auch wird es, wenn es beim Gießen unrichtig abgekühlt wird, kaltbrüchig. Früher wurde es vielfach zu Dachdeckungen benutzt, z. B. in Rothenburg o. T.; doch hat es fich dabei nicht bewährt. Nach einigen Jahren entftehen fchwarze Flecke, welche fich zu Löchern ausbilden (Zinnkrebs).

d) Nickel.

319. Nickel.

Nickel ift faft filberweiß mit einem gelblichen Schimmer, ftrengflüffig, ziemlich hart, fehr dehnbar und politurfähig. Einheitsgewicht 8,97. Es läßt fich walzen, fchmieden und zu Draht ziehen. Früher befchränkte fich feine Verwendung auf die Darftellung des Neufilbers und fpäter auf die Herftellung der Nickelmünzen; jetzt aber wird es für allerhand Legierungen und befonders für galvanifche Überzüge (Vernickelung) von Metallgegenftänden (Schmiedeeifen, Zink. Kupfer, Meffing und Bronze) benutzt, um fie nicht nur gegen Oxydation (Roft) zu fchützen, fondern ihnen auch ein fchöneres Anfehen zu geben und weichere Metalle widerftandsfähiger zu machen.

[192]) Siehe auch: PERCY, J. *Metallurgy. Vol. III: Lead, including defilverization and cupelation.* London 1870. – Deutfch von C. RAMMELSBERG. Braunfchweig 1872.

2. Kapitel.

Kupfer und Legierungen.

Von † HANS HAUENSCHILD; neu bearbeitet von HUGO KOCH.

a) Kupfer.

320. Kupfer als Bauftoff.

Als das ältefte unter allen Metallen und wegen feiner vortrefflichen Eigenfchaften, die es zu den verfchiedenften Gebrauchszwecken geeignet machen, hochgefchätzt, nimmt das Kupfer heute noch einen gewiffermaßen ariftokratifchen Rang auch unter den Bauftoffen ein, und es ift gewiß gerechtfertigt, wenn der Architekt zur Bedachung eines Monumentalbaues dem Kupfer als haltbarftem Dachdeckungsmaterial in vielen Fällen den Vorzug vor anderen gibt. Seine technifchen Eigenfchaften: die hohe Feftigkeit und Elaftizität, die vorzügliche Dehnbarkeit und daher Formbarkeit, feine außerordentliche Dauerhaftigkeit und nicht in letzter Linie auch die Schönheit feiner Patina, der *Aerugo nobilis*, machen es mehr als jeden anderen Bauftoff geeignet, dort Anwendung zu finden, wo es fich um künftlerifchen Schutz edler Architektur aus koftbarem Material handelt. Selbft ein koftbares Material, kann zwar das Kupfer nur felten auf eine ausgedehnte Anwendung im dekorativen Ausbau zählen; aber feine Wichtigkeit als Legierungsbeftandteil von Meffing und Bronze allein weifen ihm auch hier einen hervorragenden Platz an.

321. Handelsforten, Eigenfchaften und Verwendung.

Im Handel erfcheint das Kupfer:

1) Als: Rofettenkupfer, Gar- oder Scheibenkupfer, in Kuchen von 30 bis 60 cm Durchmeffer; als Zeichen vorzüglicher Qualität, d. h. Reinheit, gilt möglichfte Dünnheit bis unter 2 mm.

2) In Barren und Blöcken von etwa 45 cm Länge, 8 bis 30 cm Breite und 7 bis 8 cm Dicke.

3) Als Granalien, in Pulver- oder Körnerform, befonders für Legierungszwecke.

Die Reinheit des Kupfers hat auf die Dichte und Härte, fowie auch auf den Dehnbarkeitsgrad großen Einfluß. Verunreinigungen durch Kohlenftoff, Schwefel, Antimon, Arfen, Eifen ufw. machen dasfelbe rotbrüchig, Kupferoxydul hingegen kaltbrüchig.

Der Bruch des Handelskupfers foll faft rofenrot fein, metallifchen Glanz und feinzackiges Gefüge zeigen, welches durch Hämmern undeutlich fehnig wird. Rotbrüchiges Kupfer, befonders kohlenftoffhaltiges, fpielt ins Gelbliche auf dem grobzackigen, auffallend ftark glänzenden Bruche, während eine ziegelrote oder gar bräunlichrote Farbe bei fehr feinkörnigem und mattem Bruche auf Kupferoxydul und Kaltbrüchigkeit hindeutet. Sehr fchwer hingegen find mehrere gleichzeitige Beimifchungen bloß durch das Bruchanfehen zu erkennen.

Die Längenausdehnung durch die Wärme beziffert fich für 1 Grad C. auf 0,001643; der Schmelzpunkt liegt bei 1090 Grad C.

Das Kupfer gelangt höchft felten im gegoffenen Zuftande zur Anwendung, weil der Guß bloß bei ganz reinem Kupfer dicht ausfällt und dickflüffig ift. Nur Nägel für Schiffsbefchläge, Bolzen zu Nieten und Röhren werden häufiger gegoffen.

Dagegen ift die vorzügliche Gefchmeidigkeit des Kupfers, welche es auch im kalten Zuftande hämmerbar und biegfam macht, naturgemäß Urfache zur Verwendung als Blech und Draht gewefen.

Früher wurde das Blech nur durch Hämmern hergeſtellt, und auch das jetzige Walzkupfer erfordert vor und nach dem Walzen Hammerarbeit. Scharf abgegrenzte Handelsſorten von Kupferblech beſtehen nicht. Die gangbarſten Abmeſſungen ſind 0,75 bis 1 m Breite und 1,50 bis 2,00 m Länge bei ſehr verſchiedener Dicke, von 0,3 bis 0,5 mm für das ſchwächſte Roll- oder Flickkupfer, bis zu 6,25 mm für das ſtärkſte Braupfannenblech. Die Dicke der Dachbleche ſchwankt zwiſchen 0,5 und 1,7 mm; Rinnenblech iſt etwa 0,75 mm, Schlauchblech etwa 1,23 mm dick. Siehe darüber auch Teil III, Band 2, Heft 5 dieſes „Handbuches".

Kupferdraht kommt in 62 verſchiedenen Nummern vor mit einer Dicke zwiſchen 21,90 bis 0,21 mm herab; die ſtärkſten Sorten werden bis 1,5 mm herab Muſterdrähte, die ſchwächeren Scheibendrähte genannt.

Sehr häufig wird das Kupfer in Form von Röhren verwendet, und zwar entweder als gelötete, gegoſſene und dann gezogene oder als gehämmerte Röhren, welch letztere ſich durch große Zähigkeit und Feſtigkeit auszeichnen.

Zu dekorativen Zwecken werden die Flächen des Kupfers entweder blank poliert (*Cuivre poli*) oder mit einer Bronzierungspatina von rotbrauner Farbe, hervorgerufen durch Bildung von Kupferoxydul oder mechaniſch durch Blutſtein- und Reißbleipulver, verſehen, oder es werden durch Schwefelmetalle, die an der Oberfläche erzeugt werden, Metall-Luſtrefarben beliebiger Tönung hervorgebracht [193]). Die Patina, welche wir an antiken Gebilden bewundern, das kohlenſaure Kupferoxyd, wird eigentlich am ſchönſten und haltbarſten und zugleich den Körper des Metalls ſelbſt ausgiebigſt ſchützend nur durch die Zeit erzeugt. Mit ſalpeterſaurem Kupferoxyd unter Zuſatz von Kochſalz und ſodann Kleeſalz und Salmiak wird eine künſtliche Patina in kurzer Zeit hervorgerufen, welche aber durch Wachs oder ähnliche Schutzmittel jenen ſanften Glanz erhalten muß, der die echte antike Patina ſo ſchön macht [194]).

Schließlich ſei auch noch der ſog. Galvanobronzen gedacht, welche ſeit 1890 namentlich von einer Münchener Anſtalt hergeſtellt werden [195]). Dies ſind Gipsgüſſe, die zunächſt mit Teer getränkt und dadurch vor Veränderungen geſchützt werden; hierauf werden ſie auf galvaniſchem Wege mit einer Kupferhaut überzogen und können ſo einen verhältnismäßig billigen Erſatz für Metallgüſſe bilden. Sie geſtatten die Ziſelierung, das Verſilbern, das Vergolden uſw., ſo daß ſich deren Verwendung im inneren Ausbau empfiehlt; im Freien ſollen dieſelben keine genügende Dauer haben [196]). Siehe darüber auch Teil III, Band 2, Heft 3 (Kap. 20) dieſes „Handbuches".

322. Gewicht, Elaſtizität und Feſtigkeit.

Das Einheitsgewicht des Kupfers ſchwankt je nach der Reinheit und der Art der Bearbeitung zwiſchen 8,56 und 9; für Kupferblech wird gewöhnlich 8,8 als Durchſchnittsziffer angenommen.

Die Elaſtizitätsziffer beträgt für gehämmertes Kupferblech 1100 t und für Kupferdraht 1300 t auf 1 qcm. Die Zugfeſtigkeit wird von *Karmarſch* für gegoſſenes Kupfer zu 1300 bis 2600, für gehämmertes oder gewalztes Kupfer zu 1800 bis 2600, für hart gezogenen Kupferdraht zu 2700 bis 5100 kg auf 1 qcm angegeben. *Tresca* hat die Abſcherungsfeſtigkeit mit 1873 kg für 1 qcm ermittelt [197]).

[193]) Siehe: PUSCHER, E. Ueber ein neues und billiges Verfahren, ohne Anwendung von Farben verſchiedene Metalle mit prachtvollen Luſtre-Farben zu überziehen. Polyt. Journ., Bd. 190, S. 421.

[194]) Siehe: Ueber die Erzeugung einer Patina auf Bronze und Eiſen. Polyt. Journ., Bd. 199, S. 427.

[195]) Siehe: Deutſche Bauz. 1890, S. 319.

[196]) Siehe ebendaſ. 1894, S. 115, 208.

[197]) Vergl. auch: BISCHOF, C. Das Kupfer und ſeine Legirungen Berlin 1865.
JAPINO, E. Kupfer und Meſſing ſowie alle techniſch wichtigen Kupferlegierungen etc. 1883.

b) Legierungen.

323. Meſſing.

Die Legierungen der Metalle Kupfer, Zink und Zinn in den verſchiedenſten Miſchungsverhältniſſen geben für den inneren Ausbau eine große Anzahl Verwendungen, welche in bezug auf Farben- und Formenwirkung, auf Feſtigkeit und Dauer unübertroffen daſtehen und eine reiche Entfaltung des Kunſtgewerbes bewirkt haben.

Die Legierung von Kupfer und Zink wird im allgemeinen mit dem Namen Meſſing bezeichnet; im beſonderen gilt dieſer Name für Legierungen, bei denen der Zinkgehalt etwa 30 Vomhundert beträgt. Steigt der Gehalt an Kupfer über 80 Vomhundert, ſo gibt dies Rotmeſſing, Rotguß oder Tombak mit der kennzeichnenden bräunlichgelben Farbe, bis ſie mit noch größerem Kupfergehalt rötlich und ähnlich der Kupferfarbe wird. Über 40 Vomhundert Zink hingegen verleihen der Miſchung einen rötlichgelben bis goldgelben Stich, während mit der Steigerung des Zinkgehaltes über 50 und bis 80 Vomhundert das Weißmeſſing in Farbe und Eigenſchaften dem Zink immer näher kommt.

Die vorzüglichſten techniſchen Eigenſchaften beſitzen das Rotmeſſing und das eigentliche Meſſing. Es iſt an Farbe ſchöner als Kupfer, an der Luft gegen Oxydation widerſtandsfähiger, beſitzt größere Härte, leichtere Schmelzbarkeit und liefert dünnflüſſige, ſcharfe Güſſe bei einer Dehnbarkeit, welche die dünnſten Bleche und feinſten Drähte herzuſtellen geſtattet. Gegoſſenes Meſſing iſt ähnlich wie Zink im Bruche kriſtalliniſch und daher ſpröde; durch Walzen, Hämmern und Ziehen gewinnt es feinkörnige bis faſerige Struktur und damit ausgezeichnete Geſchmeidigkeit, beſonders wenn man es wieder glüht und erkalten läßt.

Kommt es auf größere Weichheit, große Dehnbarkeit und warmen Farbenton an, beſonders bei zu vergoldenden Gegenſtänden, ſo wird vorzugsweiſe Tombak verwendet, das billigere Meſſing hingegen zu Gußwaren und der geringeren Abnutzung wegen zu Gegenſtänden, bei denen größere Härte wünſchenswert iſt.

Beſonders dienen Tombak und Meſſing gegoſſen zu Tor- und Türſchildern, Knöpfen, Handhaben, Drückern und Oliven, Rollen, Waſſer- und Gasleitungshähnen, Ventilen uſw.; gewalzt, gehämmert und getrieben zu Aufſatz- und Gelenkbändern, Schloßverkleidungen, Ofentüren, Kaſtenbeſchlägen und ungezählten anderen Gegenſtänden. Nicht minder ausgedehnt iſt die Anwendung von Meſſingdraht. In neuerer Zeit finden vernickelte Meſſingröhren für Waſſer-Zu- und Ableitungen im Inneren der Gebäude immer mehr Anwendung.

Das Meſſingblech kommt im Handel als Rollmeſſing (Bugmeſſing) und Tafelmeſſing vor. Erſteres umfaßt die dünnſten Sorten mit einer Stärke von 0,12 bis 0,40^{mm}, 120 bis 460^{mm} breit, wobei die Breite mit ſteigender Dicke abnimmt, bei einer durchſchnittlichen Länge von 6,50^{m}. Bugmeſſing wird einige Male in flachen Tafeln zuſammengebogen, und zwar um ſo öfter, je dünner es iſt; es umfaßt ſchmale und dünne, aber lange Sorten von 0,3 bis 2,0^{mm} Dicke, 180 bis 260^{mm} Breite und 1,00 bis 5,50^{m} Länge. Tafelmeſſing iſt das ſtärkſte, nicht gebogene, mit einer Dicke von 1 bis 17^{mm} bei 300 bis 650^{mm} Breite und verſchiedener Länge.

Die Meſſingdrähte kommen in ähnlichen Nummern wie die Kupferdrähte

---

Bezüglich der Prüfung von Kupfer, Bronze uſw. vergl. die Referate über die Verhandlungen der 1890 in Berlin abgehaltenen Konferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Konſtruktionsmaterialien (Aufg. 7: Aufſtellung einheitlicher Prüfungsmethoden für Kupfer, Bronze und andere Metalle) in: Bauschinger, J. Mittheilungen aus dem mechaniſch-techniſchen Laboratorium der Kgl. techniſchen Hochſchule zu München. Heft 22. München 1894. S. 210.

vor, von 18,80 bis 0,19 mm Dicke. Meſſingſchrauben in verſchiedenen Nummern, von 3,5 bis 8,5 mm Dicke, finden vielfach Anwendung.

Das Einheitsgewicht ſchwankt mit der Zuſammenſetzung, iſt jedoch höher als der Durchſchnitt der beiden Gemengteile. *Karmarſch* gibt für Meſſingblech 8,52 bis 8,62, für Meſſingdraht 8,49 bis 8,73, für Gußmeſſing 8,71 an. Tombak als Blech hat 8,788, Gußtombak 8,606, Tombakdraht ſogar 9,00. Ebenſo verſchieden iſt die Zugfeſtigkeit; für Gußmeſſing gibt *Rankine* 1270, für Meſſingdraht 3450 kg auf 1 qcm an. Die Druckfeſtigkeit beträgt für Gußmeſſing 725 kg auf 1 qcm. Die Elaſtizitätsziffer des Meſſings beläuft ſich auf 650 t für 1 qcm und ſteigt bei Meſſingdraht bis 1000 t für 1 qcm.

Die Gegenſtände aus Gußmeſſing werden häufig mit Lacken und Firniſſen überzogen, um das Auftreten von Grünſpan zu verhüten und verſchiedene lebhafte Laſurfarben darauf anzubringen; vielfach wird es auch verzinnt, vernickelt, verſilbert und vergoldet. Sehr beliebt ſind Meſſingwaren, welche durch Beizen in Säurebädern oder Salzbädern eine rötliche, grüngelbe, goldgelbe Färbung mit entweder hellglänzender oder matter Oberfläche erhalten. Werden gewiſſe Partien der Einwirkung der Beizen durch Bedeckung mit Fettfarben entzogen, ſo entſtehen intarſienartige Zeichnungen von verſchiedener Wirkung, je nachdem die Zeichnung blank auf mattem Grunde oder umgekehrt gewählt wird.

324. Argentan.

Unter der Geſamtbezeichnung Argentan oder Weißkupfer begreift man eine Reihe von Legierungen, denen als Legierungsmetall außer Kupfer und Zink noch Nickel zugeſetzt iſt. Argentan iſt demnach ein Meſſing, dem durch angemeſſenen Nickelgehalt eine weiße Farbe erteilt wird. Der Nickelgehalt ſelbſt iſt ſchwankend und damit auch die Farbe vom Gelb-bräunlich-weiß bis in das Silberweiße ſpielend. Beinahe ebenſo dehnbar wie Meſſing nimmt es eine ſchöne Politur an und gibt reinere Güſſe. Gegen Atmoſphärilien und Säuren iſt es widerſtandsfähiger als Meſſing. Die Argentanwaren dienen als Silbernachahmung teils in Form von Guß, teils als Blech, teils getrieben, teils als Draht und häufig auch mit echtem Silber plattiert oder galvaniſch verſilbert (Chinaſilber) verſchiedenen Zwecken, und die einzelnen Abarten ſind als Pakfong, Neuſilber, Alfenide, Alpaka, Chriſtofle-Metall uſw. bekannt. Das Einheitsgewicht des Argentans iſt 8,4 bis 8,7; die Zugfeſtigkeit für hartgezogene Drähte beträgt 7200 bis 8000 kg, für ausgeglühte Drähte 5200 kg für 1 qcm.

325. Britannia.

Britanniametall iſt eine Legierung von Zinn mit Antimon und Zink und wenig Kupfer. Es zeichnet ſich durch bläulichweiße Farbe und größere Härte vor dem Zinn aus und beſitzt vorzügliche Politurfähigkeit. Zu Gußornamenten eignet es ſich gut, da es ſcharfe Abgüſſe gibt; auch kommt es in Form gewalzter Platten zur Verwendung. Das Einheitsgewicht beträgt 7,32 bis 7,36.

326. Bronze.

Bronze werden im allgemeinen die Legierungen von Kupfer und Zinn genannt, obwohl techniſcher Rückſichten halber meiſtens noch Zink und auch noch andere Metalle beigemiſcht werden. Bronze beſitzt manche Eigenſchaften des Kupfers, iſt jedoch härter als dieſes, politurfähiger und leichter ſchmelzbar, häufig jedoch ſpröder; es iſt das vorzüglichſte Gußmaterial.

Von den verſchiedenen Bronzeabarten, deren eine große Zahl beſteht, heben ſich typiſch hervor: 1) das Glockenmetall mit höchſtens 80 Teilen Kupfer auf mindeſtens 20 Teile Zinn, übrigens ſehr ſchwankend in der Zuſammenſetzung; 2) das Kanonenmetall mit etwa 90 Teilen Kupfer und 10 Teilen Zinn, von größter Zähigkeit, ſo daß die Kanonenrohre über 4000 Atmoſphären Druck aushalten; 3) Medaillenbronze für Münzen und Medaillen mit etwa 92 Teilen Kupfer auf 8 Teile Zinn, meiſt noch mit etwas Zink verſetzt; 4) Spiegelmetall mit 68 Teilen Kupfer und 32 Teilen Zinn nebſt etwas Zink, zu Metallſpiegeln; 5) Statuenbronze mit durchſchnittlich 88 Teilen Kupfer, 2 Teilen Zink, 10 Teilen Zinn und etwas Blei; ſehr große Gußſtücke erhalten höheren Zink- und Bleigehalt, um recht dünnflüſſig zu werden, bekommen aber dann keine Patina.

Bronzeähnliche Legierungen von eigenartiger Befchaffenheit find auch die Phosphorbronze, von *Künzel* erfunden, mit 90 Teilen Kupfer, 9 Teilen Zinn und 0,5 bis 0,75 Teilen Phosphor, welche fich durch erhöhte Zähigkeit, Feftigkeit und Elaftizität auszeichnet. Die Aluminiumbronze befteht aus 90 Teilen Kupfer und 10 Teilen Aluminium und hat bei lichtgelber Farbe geringes Gewicht und hohe Feftigkeit. Die größte Widerftandsfähigkeit jedoch befitzt nach *Thurfton* das Maximummetall, eine Legierung von 55 Teilen Kupfer, 43 Teilen Zink und 2 Teilen Zinn.

Die Verwendung von Bronze ift uralt, wenn auch immer einer fpäteren Periode angehörig als Kupfer und Zinn. Ihre Benutzung ift außerordentlich mannigfaltig. Treppengeländer, freitragende Stufen, Säulen, Kandelaber, figürliche Ornamente, Statuen, Brunnen, Denkmäler ufw. beftehen aus Bronze, der verfchiedenartigen Verwendung zu Verankerungen, Bolzen und Mafchinenbeftandteilen aller Art nicht zu gedenken.

Das Einheitsgewicht der Bronze fchwankt mit der verfchiedenen Zufammenfetzung und beträgt z. B. für Glockenmetall 8,7 bis 9,1, für Kanonenmetall 8,8, für Medaillenbronze 8,78, für Spiegelmetall 8,6, für Statuenbronze 8,4 und für Aluminiumbronze 7,68.

Die Zugfeftigkeit ift ebenfalls fehr verfchieden; fo beträgt fie für Kanonenmetall nach *Rankine* 2530 kg, nach *Uchatius* 2200 kg für 1 qcm, während Phosphorbronze nach *Baufchinger* 3300 kg, nach *Uchatius* bis 5660 kg und ungeglühter Draht aus Phosphorbronze nach *Kirkaldy* bis 11 200 kg für 1 qcm Zugfeftigkeit hat. Aluminiumbronze befitzt nach *Anderfon* eine Zugfeftigkeit von 5130 kg und eine Druckfeftigkeit von 9280 kg für 1 qcm. Nach *Thurfton's* neueren Verfuchen hat Bronze die größte Feftigkeit von 4570 kg für 1 qcm in einer Mifchung, die nur wenig Zinn und etwas mehr Kupfer als Zink enthält.

Sowohl eine kleine Abnahme, als auch eine geringe Zunahme des Zinngehaltes vermindern die Feftigkeit bedeutend, während eine Änderung im Verhältnis des Zinks zum Kupfer von etwas geringerem Einfluß auf die Feftigkeit ift. Alte Bronzen, welche kein Zink, fondern nur 4 Teile Kupfer und 1 Teil Zinn enthalten, haben eine Zugfeftigkeit von 3340 kg für 1 qcm, unterfcheiden fich alfo von derjenigen des Schmiedeeifens nur wenig.

Das amerikanifche Maximummetall befitzt nach *Thurfton* eine Zugfeftigkeit von 12 020 kg für 1 qcm und erleidet dabei eine Verlängerung von 47 bis 51 Vomhundert. Die Elaftizitätsziffer beträgt für Glockengut 320 t, für Kanonenmetall 696 t auf 1 qcm.

Schutz und Dekorierung der Bronzen werden ähnlich wie bei Meffing bewirkt; befonders großes Gewicht legt man auf die Erzeugung einer fchönen und fefthaftenden Patina, welche durch Behandlung mit fchwachen Oxydationsmitteln in grünlicher Farbe bei zinkhaltigen und in bräunlicher Farbe bei bloß zinnhaltigen Bronzen auftritt, aber im Freien nach kurzer Zeit wieder verfchwindet. Die künftliche Patina wird ähnlich wie beim Kupfer erzeugt.

327. Duranametall.

Duranametall ift gleichfalls eine Legierung von Kupfer und Zink und unterfcheidet fich von anderen durch ihre Schmiedbarkeit. Sie ift politurfähig, aber nicht fchweißbar, läßt fich kalt treiben, befitzt einen rötlichgelben, warmen Ton und fchmilzt bei 950 bis 1000 Grad C. Einheitsgewicht 8,3 bis 8,5. Sie wird in Blechen, Drähten, Stangen, Zierleiften, Schmiedeknüppeln ufw. geliefert und eignet fich für alle Zwecke der Kunftfchmiederei. Sie wird hergeftellt von den „Metallwerken“ in Düren.

328. Deltametall.

Das zu Anfang der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts von *Dick* erfundene Deltametall ift eine Legierung aus Kupfer, Zink und einer geringen Menge von Eifen. Es ift fo zähe wie Schmiedeeifen und fo feft wie Stahl; es liefert vorzügliche Gußftücke, welche weder Roft, noch Grünfpan anfetzen; auch gegen Säuren zeigt es große Widerftandsfähigkeit. In jenen Fällen, wo wegen

magnetiſcher Einwirkungen Stahl und Eiſen nicht benutzt werden können, findet das Deltametall günſtige Verwendung.

Nach den vom Königl. Materialprüfungsamt zu Berlin mit gewalztem Deltametall angeſtellten Verſuchen liegt die Elaſtizitätsgrenze desſelben bei 2220 kg für 1 qcm; die Zugfeſtigkeit beträgt 5880 kg für 1 qcm, die Dehnung 12,3 Vomhundert und die Querſchnittsverminderung 17,4 Vomhundert. Die Druckfeſtigkeit wurde mit 9540 kg für 1 qcm gefunden.

329. Doppelmetall.

Das Doppelmetall oder Bimetall, deſſen Erfindung der neueſten Zeit angehört und welches hauptſächlich von einer oberſchleſiſchen Anſtalt hergeſtellt wird, iſt eine durchaus gleichmäßige Verbindung von Kupfer mit Stahl. Dieſes Metall hat eine um 50 Vomhundert größere Feſtigkeit als Kupferblech; es genügen Doppelmetallbleche von $^2/_3$ der Stärke des Kupferbleches zur Herſtellung von Gebrauchsgegenſtänden mit bedeutender Widerſtandsfähigkeit. Die verſchiedene Ausdehnung von Kupfer und Stahl infolge von Wärmezunahme iſt durch die Fabrikation aufgehoben. Das Doppelmetall läßt ſich treiben, ſtanzen, punzen, drehen, hobeln und feilen; das Walzen kann bis zur Papierdünne fortgeſetzt werden[198]).

---

3. Kapitel.

Aluminium und Magnalium.

Von Hugo Koch.

330. Aluminium.

Aluminium hat eine bläulichweiße Farbe, ſtarken Glanz und iſt ungemein leicht, dehnbar und bei 700 Grad C. ſchmelzbar. Es iſt weicher als Zink und Kupfer, aber härter als Zinn. Gegoſſen hat es die Zugfeſtigkeit des Gußeiſens (1200 kg für 1 qcm), geſchmiedet oder gewalzt 2000 bis 2700 kg für 1 qcm. Das Einheitsgewicht iſt 2,64 gegoſſen, 2,70 geſchmiedet oder gewalzt. Es löſt ſich in Salzſäure oder Ätzalkalien raſch; von Schwefel- und Salpeterſäure wird es langſam angegriffen. Aluminium läßt ſich nach dem Patent von *Haereus* ſchweißen und auch mit einem beſonderen Aluminiumlot löten. Es wird zu Blechen, Röhren, Draht und allerhand Hausgerät verarbeitet, ferner zur Herſtellung von Schlüſſeln, Türgriffen, Schlüſſelſchildern benutzt. Zur Dachdeckung wurde es zwar bei der Berliner Ausſtellung im Jahre 1896 angewendet; es iſt aber nicht haltbar. Es läßt ſich galvaniſch verkupfern. Aluminium verbindet ſich beim Zuſammenſchmelzen mit den meiſten Metallen. Man hat ſo Aluminiummeſſing mit 1 bis 3 Vomhundert Aluminium und Aluminiumbronze, eine Legierung von Aluminium mit Kupfer, deren Farbe bei mehr als 20 Vomhundert Aluminium bläulichweiß, bei 15 bis 20 Vomhundert ſilberweiß, bei weniger als 15 Vomhundert gelblich und bei 5 bis 7 Vomhundert goldgelb iſt. Die letztere wird viel zu Kunſtgegenſtänden verarbeitet.

331. Magnalium.

Magnalium iſt nach *Mach*'s Patent eine Legierung von Aluminium mit Magneſium. Bei 100 Teilen Aluminium zu 15 Teilen Magneſium gleicht ſie einem guten Meſſingguß, bei 100 : 20 einem weichen Rotguß, bei 100 : 25 dem gewöhnlichen Rotguß. Abgedrehte Flächen ſind ſpiegelblank und ſilberglänzend; die Politur läßt ſich bis zu Hochglanz bringen. Die weicheren Sorten ſind kalt ſchmiedbar. Bruchfeſtigkeit und Bruchdehnung haben bei gegoſſenem Material

---

198) Siehe auch: Krupp, A. Die Legierungen. Wien, Peſt und Leipzig 1879. – 2. Aufl. 1894.

und einem Magnefiumgehalte von 3 bis 4 Vomhundert die höchften Werte. Bei 10 Vomhundert ift Magnaliumguß fpröde; bei 30 Vomhundert befitzt es weder Dehnung, noch nennenswerte Feftigkeit. Schmiedbar ift es nur bei 2 bis 4 Vomhundert Magnefiumgehalt [199]).

---

4. Kapitel.

Afphalt.

Von † HANS HAUENSCHILD; neu bearbeitet von HUGO KOCH.

332. Afphalt als Bauftoff.

Das Bitumen fpielt in der Gefchichte der Bauftoffe eine eigentümliche Rolle. Von den älteften Kulturvölkern gekannt und als Mörtelmaterial benutzt, war es fpäter ganz in Vergeffenheit geraten, und erft die brennende Straßenpflafterungsfrage der Neuzeit hat das Material, welches heute Afphalt genannt wird, fo fehr in den Vordergrund gebracht, daß große und größere Städte fich wetteifernd beeilen, diefes moderne Luxuspflafter einzuführen, und daß das Afphaltgewerbe eine noch vor einigen Jahrzehnten ungeahnte Ausdehnung genommen hat.

333. Goudron.

Das, was von den Alten und heute noch in der Chemie und Mineralogie als Afphalt, Judenpech oder Erdpech bezeichnet ift, wird in der Technik Goudron genannt und findet fich rein nur am toten Meere und auf der Infel Trinidad; fonft tritt er als bituminöfe Gefteinsart auf, befonders mit Sandftein, Kalk und Sand vermifcht, und muß aus diefen Stoffen herausgekocht werden. Afphalt in diefem Sinne ift eine anthrazitartig fchwarzglänzende Maffe mit mufcheligem Bruche und dem bekannten Afphaltgeruch, bei niedriger Temperatur bis gegen 20 Grad C. meift anfcheinend feft und fpröde, darüber bis 40 Grad zähe und fadenziehend-plaftifch, bei höherer Temperatur allmählich fich verflüffigend, bezw. fchmelzend. Wird Goudron einer Temperatur von über 130 Grad ausgefetzt und nicht über 230 Grad erhitzt, fo verflüchtigen fich bloß die leichteren Kohlenwafferftoffe. Beim Erkalten behält dann fo behandelter Goudron feine günftigen Eigenfchaften bei und verändert fich nicht weiter, während nicht erhitzter, wahrfcheinlich infolge von allmählichem Verluft von Kohlenwafferftoffen, mit der Zeit fpröde wird. Überhitzter oder verbrannter Goudron wird fehr fpröde und brüchig.

Für die Beurteilung der günftigften Verwendungsweife des Afphalts ift es nötig, fich zu erinnern, daß Afphalt zu jenen Körpern gehört, deren innere Reibung denfelben Gefetzen unterworfen ift wie die Flüffigkeitsreibung. Mit anderen Worten, das Bitumen gehört zu den zähflüffigen Körpern. Man fieht dies in der Praxis fchon: der in Fäffern beförderte ***Trinidad-afphalte-épuré*** oder das ähnlich in Fäffern vorkommende Steinkohlenpech zerfließt, aus den Fäffern entfernt, allmählich. ***Obermayer*** [200]) hat die Zähigkeitsziffer des Schwarzpechs beftimmt, und ***Thomfon*** [201]) hat dasfelbe Gefetz durch den Verfuch feftgeftellt, indem er einen Kuchen von fprödem, unter dem Hammer zerfpringendem Schufterpech auf Korke legte und mit Bleikugeln befchwerte; nach einem Jahre, während deffen ftets durch Waffer niedrige Temperatur erhalten wurde, waren die Korke durch den Kuchen hindurch in die Höhe geftiegen und an der Oberfläche fichtbar geworden, während die Kugeln durch das Pech durchgedrungen waren und am Boden erfchienen. Reiner Goudron würde alfo nicht anwendbar fein.

---

[199]) Weiteres darüber in: Baumaterialienkde. 1899, S. 252; 1900, S. 348; 1902, S. 144 – und Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1900, S. 469.

[200]) Ein Beitrag zur Kenntniß der zähflüffigen Körper. Sitzungsber. der math.-nat. Claffe der Akad. d. Wiff. in Wien, Bd. 25, Abt. 2, S. 665.

[201]) ***The nature***, Bd. 21, S. 159.

334. Afphalt und Afphaltmaftix.

Afphalt im Sinne der heutigen Technik ift ein Kalkftein (fiehe Art. 29, S. 93), der von Bitumen gleichmäßig und nur in folcher Menge durchdrungen ift, daß die Flüffigkeitsreibung nahezu aufgehoben erfcheint. Tatfächlich enthalten die bewährteften Afphaltfteine nur 8 bis 12 Vomhundert Bitumen, alfo eben hinreichend viel, um unter Druck durch dasfelbe verkittet zu werden und ohne felbft zufammenzuhängen. Erhitzt man daher folchen bituminöfen Kalkftein, fo verflüffigt fich das Bitumen; der Stein zerfällt in die einzelnen verkitteten, nicht in fich felbft zufammenhängenden Teilchen und backt unter neuem Druck und unter Abkühlung wieder zu dem gleichen Geftein wie früher zufammen. Darauf beruht die Verwendung des Afphaltfteines zu Stampfafphalt (*Afphalte comprimé*), dem eigentlich bevorzugten Straßenpflaftermaterial.

Der natürliche Afphaltftein hat zu wenig Bitumen, um beim Erhitzen flüffig, im gewöhnlichen Sinne des Wortes, zu werden. Um dies zu erzielen, ftellt man daraus Afphaltmaftix her.

Afphaltmaftix ift natürlicher Afphaltftein, welcher nach vorhergegangener mechanifcher Zerkleinerung (bis zu etwa 3 mm Korngröße) mit einer entfprechenden Menge reinen Bitumens oder Goudrons einer Temperatur von 175 bis 230 Grad ausgefetzt wird. Dabei wird zuerft das Bitumen in einem Keffel gefchmolzen und demfelben unter ftetem Umrühren von Viertelftunde zu Viertelftunde foviel Afphaltpulver zugefetzt, daß in etwa 5 Stunden die ganze Maffe (etwa 200 kg), welche auf einmal gefchmolzen wird, davon durchdrungen ift. Dabei verflüchtigen fich nur die leichteren Kohlenwafferftoffe, und der Maftix erreicht die gußfertige Befchaffenheit. Hierauf wird er in Modelle aus Eifen gegoffen, welche je nach der Fabrikmarke eine beftimmte Form befitzen und Blöcke von etwa 25 kg Gewicht liefern.

Solcher Afphaltmaftix ift nun unter erneutem geringen Zufatz von Goudron beliebig oft fchmelzbar und liefert die Grundlage zu Gußafphalt (*Afphalte coulé*).

335. Fundorte.

Fundorte für Afphalt find: Ragufa auf Sizilien, Seyffel im Dep. Ain, Baftennes im Dep. Landes (ein mit 6 bis 12 Vomhundert Bitumen imprägnierter Sand), Val de Travers im Kanton Neufchatel, Limmer bei Hannover, Lobfann im Elfaß, auf der Infel Brazza ufw.

336. Künftlicher Afphalt.

Künftlicher Afphalt, welcher häufig als Erfatzmittel für natürlichen Afphalt verwendet wird, muß unterfchieden werden in folchen, welcher zu Stampfarbeiten gebraucht werden foll, und in Nachahmungen des Afphaltmaftix und des Goudron.

Stampfafphalt kann durch künftliche Mifchung der beiden Hauptbeftandteile des natürlichen Afphaltfteines, nämlich reinen Kalkfteines und reinen Bitumens, oder aber auch durch Zufatz von Bitumen zu fehr magerem Afphaltftein hergeftellt werden. Zwei hierauf gerichtete Verfuche find bemerkenswert.

Das erfte, von *Dietrich* herrührende Verfahren bezweckt, reinen oder bituminöfen Kalkftein in Pulverform mit reinem Bitumen, gleichfalls in Pulverform, mechanifch zu mifchen und hierauf das im Steinpulver fein verteilte Bitumen durch Erhitzen der Mifchung in fich drehenden Keffeln oder ähnlichem Gerät zum Auffangen gelangen zu laffen. Verfuche, die mit diefem Verfahren angeftellt worden find, haben zu nicht ungünftigen Ergebniffen geführt.

Bei dem zweiten, der Deutfchen Afphaltgefellfchaft patentierten Verfahren wird trockener, pulverförmiger Kalk oder Afphaltftein durch Zufatz von Kalkmilch unter Erhitzen in einen dünnflüffigen Schlamm verwandelt; letzterer wird auf etwa 50 Grad C. erhalten und demfelben gefchmolzenes und gereinigtes Bitumen zugefetzt. Der fo gewonnene heiße Brei wird in Formen gegoffen, und das lufttrockene Material kann in geeigneten Mahlwerken in ein zur Stampfarbeit geeignetes Pulver verwandelt werden.

Zu Maftix und Goudron jedoch werden fehr bedeutende Maffen von Steinkohlen- und Braunkohlenpech verwendet und großartige Fälfchungen, befonders durch Nachahmung der Maftixbrode von Gruben bedeutenden Rufes, begangen. Weniger bedenklich ift die Benutzung dickflüffiger Deftillationsrückftände von Schieferöl-, Paraffin- und Petroleum-Deftillationen, die in geringer Menge dem fpröden Trinidadafphalt beim Einfchmelzen zu Maftix zugefetzt werden. Ebenfo hat fich in Amerika die Verwendung von gereinigtem Trinidadafphalt unter Zufatz von wenigen Prozenten Petroleumteer (*Still bottoms*) mit möglichft viel (über 80 Vomhundert) reinem Sand zur Maftixfabrikation bewährt. Die leichtflüchtigen und daher fchädlichen Beftandteile entweichen beim Kochen des Maftix größtenteils, und der Anteil an fchädlichen Beftandteilen wird mindeftens dadurch verringert.

337. Gewicht.

Das Einheitsgewicht ift bei den verfchiedenen Afphaltforten verfchieden, und zwar naturgemäß nach der größeren oder geringeren Menge leicht flüchtiger Beftandteile einerfeits und bei verarbeiteten Afphalten je nach der Natur und Menge der zugefetzten Magerungsmittel. So fand *Hauenfchild*: Goudron von *The Neuchatel Afphalt Company* 1,31, Braunkohlenpech 1,20, *Trinidad-afphalte-épuré* 1,38, roher Afphaltftein von *Val de Travers* 2,15, *Afphalte comprimé* von der Wilhelmsftraße in Berlin 2,23, altes Berliner Straßenpflafter (*Afphalte coulé*) 2,02, Afphaltmaftix aus Limmerafphalt 2,28 und ungarifcher *Goudron Afphalte coulé* 1,966.

338. Feftigkeit.

Hauenfchild's Unterfuchungen über die Feftigkeitsverhältniffe der verfchiedenen Afphaltforten ergaben, befonders mit Rückficht auf die Entdeckung der Verfälfchungen, folgendes. Das in England nach *Rankine* eingeführte Verfahren, die Güte eines Afphalts im Vergleich mit einem bekannten fo zu prüfen, daß man eine ftumpfe, vierfeitig pyramidale Eifenfpitze bei einer Belaftung von etwa 30 kg und bei einer Temperatur von 27 Grad C. auf den Afphalt wirken läßt, hat fich als ausreichend geeignet gezeigt. Nach *Rankine* foll guter Stampfafphalt dabei einen Eindruck von etwa 8 mm, Gußafphalt aber von 5 mm annehmen. In Bezug auf Druckfeftigkeit ergab fich, daß künftlicher, d. h. aus Steinkohlen- oder Braunkohlenpech mit Mineralftaub hergeftellter Afphalt bei ziemlich rafcher Steigerung der Belaftung ganz wie fpröde Gefteine in parallele Stücke unter Krach zerplatzte, während bei der gleichen Temperatur und gleichen Art der Belaftung natürlicher, fowohl Stampf- als Gußafphalt, unter Ausbauchen, Berften und Spalten zerfloß, und zwar von einem um fo niedrigeren Punkte an, je befferen Ruf die betreffende Afphaltforte genoß.

Die Zugfeftigkeit ließ fich auf der *Michaëlis*'fchen Zerreißungsvorrichtung[202]) in den Zement-Achtformen nur bei höchftens 8 Grad C. für natürliche Afphalte beftimmen, und zwar bei rafchfteigender Belaftung. Die Ergebniffe von *Hauenfchild*'s Verfuchen waren u. a. folgende:

	Zugfeftigkeit: bei 8° C.	Druckfeftigkeit: bei 8° C.		bei 30 kg Belaftung und 27° C. Eindringen:
Stampfafphalt, *Val de Travers*, frifch	26,5 kg für 1 qcm	bei 52 kg für 1 qcm	unter Berften zerfließend	6 bis 7 mm
Normaler Berliner Straßenafphalt von der Berliner Stadt-Bauinfpektion, alt	30,5 " " "	" 93 " " "	unter Spalten zerfließend	7 " 8 "
Berliner Bürgerfteigafphalt, Limmer	24,25 " " "	" 65 " " "	bröckelnd zerfließend	5 " 6 "
I. Ungarifcher Natur-*Afphalte-coulé*, normal	25,2 " " "	" 108 " " "	" "	4 " 5 "
II. " " ftark überhitzt	– " " "	" 109 " " "	rafch berftend	2 " 3 "
III. " " " "	36,75 " " "	" 112 " " "	" "	4 " 4,5 "
Künftlicher Afphalt aus Steinkohlenpech, fehr alter Stallbelag	29,0 " " "	" 148 " " "	unter Krach brechend	1 " 2 "

202) Vergl. Art. 137, S. 173.

339.
Prüfung auf Verfälschung.

Laffen fich die fpröden künftlichen Afphalte zwar fchon aus diefen Verfuchen herausfcheiden, fo find die Unterfchiede doch zu wenig fcharf ausgefprochen. Der charakteriftifche Teergeruch ift für rein künftliche Afphalte verräterifch genug; anders verhält es fich mit den fo häufig vorkommenden Gemifchen. Bei diefen ift die Erkennung der Beimengungen fchon fchwieriger. *Durand-Claye*[208]) hat zur Erkennung der Beimifchung von Gaspech ufw. eine kolorimetrifche Reaktion angegeben, welche auf der Einwirkung von Schwefelfäure auf den Afphalt beruht.

Danach läßt man den zu prüfenden Afphalt in Schwefelkohlenftoff löfen, filtriert ihn und läßt das Löfungsmittel verdunften; fodann wird der Rückftand folange vorfichtig erhitzt, bis er nach dem Abkühlen brüchig wie Pech ift. Darauf wird derfelbe zerkleinert und davon eine Menge von ftets annähernd 0,1 g in ein Glasrohr getan und 5 cbcm englifche Schwefelfäure (nicht Nordhäufer Schwefelfäure) hinzugegoffen. Das Glasrohr bleibt hierauf 24 Stunden verfchloffen ftehen und wird dann vorfichtig und im kalten Wafferbade mit nach und nach 10 cbcm Waffer aus einer Pipette in etwa 1/4 Stunde behandelt und umgerührt. Nach völligem Abkühlen wird die Mifchung durch ein Filter in eine Flafche mit 150 bis 200 g Inhalt filtriert und nach völligem Durchlaffen noch mit 100 cbcm Waffer nachgefpült. Die fo erhaltene Flüffigkeit ift bei reinem natürlichen Bitumen farblos oder wenig gelblich, bei Vorhandenfein von Steinkohlenpech aber tiefbraun bis undurchfichtig fchwarz gefärbt.

Ein anderes, ebenfalls von *Durand-Claye* angegebenes kolorimetrifches Verfahren ift folgendes.

Man löft eine Menge von etwa 1 g in 5 g rektifiziertem Benzin, und läßt hiervon durch ein Filter 5 bis 6 Tropfen nach gehörig langer Einwirkung in ein Glasrohr fließen, wozu man neuerdings 5 g Benzin zur Verdünnung gibt. Hierauf fetzt man ein gleiches Gewicht Alkohol von 88 Grad *Gay-Luffac* hinzu, fchüttelt lebhaft und läßt dann abfitzen. Die Flüffigkeit fcheidet fich dabei in zwei Schichten: die obere ift fehr ftark gefärbt, die untere alkoholifche aber nur dann, wenn das Bitumen mit künftlichen Zutaten verfetzt ift; fie ift dann gelb bis dunkelorange.

Da fich bei den von *Hauenfchild* angeftellten Verfuchen zeigte, daß die Befchaffenheit des Benzins leicht eine fcharfe Trennung beider Schichten verwifche und damit das Ergebnis beeinfluffe, verfuchte er die Unterfcheidung durch Alkohol allein herbeizuführen und fah nach Unterfuchung von 10 verfchiedenen Afphaltforten, daß fie ganz vortrefflich fcharf und rafch gelingt.

Ein bis zu etwa 200 Grad erhitztes Stück von etwa 1 g, in einem gewöhnlichen Reagenzglas nach dem Abkühlen und Zerkleinern mit etwa 5 cbcm Alkohol von nicht unter 80 Grad *Gay-Luffac* behandelt, gibt bei nur 2 Vomhundert Gehalt an Braunkohlen- oder Steinkohlenpech eine deutlich gelbe Tönung mit fehr deutlich grüner bis blauer Fluoreszenz von oben gefehen; die Färbung nimmt ebenfo wie die Fluoreszenz an Stärke mit Erhöhung des künftlichen Zufatzes zu und geht endlich in das Dunkelweingelbe mit grüngelber Fluoreszenz über.

340.
Anwendung.

Die technifche Anwendung der Afphalte ergibt fich aus obigen Grundfätzen. Es ift die größte Sorgfalt auf jeden einzelnen der mitwirkenden Einflüffe zu richten, da gerade bei Afphaltarbeiten das Gelingen in fo hervorragender Weife von der Beobachtung aller Umftände abhängt.

Der Stampfafphalt, der zur Herftellung der Straßenfahrbahnen dient, muß gleichmäßig aus reinem Kalk mit mindeftens 7, höchftens 12 Vomhundert Bitumen beftehen, gleichmäßig gepulvert und auf 130 Grad erhitzt fein und darf keine Unreinigkeiten, wie Holz oder Metalle, beigemengt erhalten. Bezüglich fonftiger Einzelheiten in der Ausführung fiehe: Teil III, Band 5 (Abt. V, Abfchn. 3, Kap. 2: Befeftigung der Hofflächen und Bürgerfteige) diefes „Handbuches".

Der Gußafphalt ift billiger und auch leichter als der Stampfafphalt anzufertigen und findet in erfter Linie die ausgedehntefte Anwendung zur Herftellung von Bürgerfteigen, zur Bedeckung von Hofräumen, Bahnfteigen, Terraffen ufw., zur Bildung von Fußböden in gefchloffenen Räumen ufw. Über Konftruktion und Herftellung folcher Afphaltbeläge oder Afphalteftriche wird noch in Teil III, Band 3, Heft 3 (Abt. IV, Abfchn. 3: Ausbildung der Fußbodenflächen) und 5 (Abt. V, Abfchn. 3, Kap. 2: Befeftigung der Hofflächen und Bürgerfteige) diefes „Handbuches" eingehend die Rede fein; hier fei nur erwähnt, daß man für den vorliegenden Zweck außer den

208) *Annales des ponts et chauffées* 1879–II, S. 267; 1880–I, S. 128; 1881–II, S. 112.

Afphalten von ***Val de Travers*** und ***Seyffel*** auch andere Afphalte, insbefondere Limmerafphalt, verwenden kann. Als Goudron benutzt man meift den Afphalt von der Infel Trinidad, von Seyffel, aus der Auvergne ufw. Der Afphalt foll auch hier von Beimengungen möglichft frei fein; häufig werden dickflüffige Harzöle zur Beförderung des Schmelzens beigefetzt. Der bei einer Temperatur von 150 bis 200 Grad flüffig gewordenen Maffe wird unter ftetem Rühren nach und nach etwa 50 Vomhundert gut gewafchener und tunlichft fcharfkantiger Sand von etwa Erbfengröße beigemengt und folange gekocht und gerührt, bis völlige Gleichmäßigkeit der Mifchung erzielt ift. Das Mifchungsverhältnis des Sandzufatzes foll möglichft hoch fein, weil dann der Gußafphalt in der Wärme nicht fo leicht erweicht, aber doch nicht fo groß, daß Kohäfion und Elaftizität des Belages beeinträchtigt werden.

Der Gußafphalt wird auch noch zu anderen Bauzwecken, insbefondere zur Sicherung gegen Auffteigen, Zudrang oder Durchfickerung von Feuchtigkeit, bezw. Waffer, zu fog. Ifolierfchichten, verwendet; alsdann erhält der Afphalt einen geringeren Sandzufatz. Auch fei des Afphaltbetons, eines Gemenges von Afphaltmaftix und Steinfchlag, des zu Dachdeckungen dienenden Afphaltfilzes, endlich der für die Abführung von ätzenden Flüffigkeiten fich trefflich eignenden Afphaltröhren, fowie der zu Fußbodenbelägen dienenden Afphaltplatten Erwähnung getan.

Literatur

über „Afphalt als Bauftoff“.

KLINGMANN, F. Das natürliche und künftliche Afphalt und das Afphaltmaftix etc. 1848.

GYSI, O. Der Afphaltleger etc. Berlin 1852.

HUGUENET, J. ***Afphaltes et naphtes. Confidérations générales fur l'origine et la formation des bitumes foffiles, de leur emploi etc.*** 2. Aufl. Paris 1852. — Deutfch von C. HARTMANN. 2. Aufl. Weimar 1853.

BORSTELL, G. & F. KOCH. Neuere Arten der Verwendung des Afphaltes in Paris. Zeitfchr. f. Bauw. 1855, S. 37.

STEHLIN, S. Der eigentliche Werth und die Urfachen der vorkommenden Werthlofigkeit des Afphaltes als Baumaterial. Wien 1860.

MALO, L. ***Note fur l'afphalte, fon origine, fa préparation, fes applications.*** Paris 1861. (Aus: ***Annales des ponts et chauffées*** 1861–I, S. 69.)

MALO, L. ***Guide pratique pour la fabrication et l'application de l'afphalte et des bitumes.*** Paris 1866.

Ufe of afphalte in conftruction. Building news, Bd. 15, S. 339, 356, 390, 438, 457.

JEEP, W. Der Afphalt und feine Anwendung in der Technik, oder Gewinnung und Darftellung aller natürlichen und künftlichen Afphalte, deren Verwendung zum Belegen von Wegen, Straßen und Höfen. (Neuer Schauplatz der Künfte und Handwerke. Bd. 154.) Weimar 1870. — 2. Aufl. 1898.

MEYN, L. Der Afphalt und feine Bedeutung für den Straßenbau großer Städte. Halle 1872.

VIDEKY, L. Der Afphalt, feine Gewinnung, Bereitung und Verwendung in der Technik. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1872, S. 426, 443.

CHABRIER, E. ***The applications of afphalt.*** London 1876.

Mittheilungen über die wafferdichten Baumaterialien der Fabrik BÜSSCHER & HOFFMANN. Halle a. S. 1877.

Ueber Afphaltplatten. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1878, S. 411, 428.

KAYSER, R. Unterfuchungen über natürliche Afphalte. Nürnberg 1879.

ELLICE-CLARK, E. B. ***Afphalt, and its application to ftreet paving.*** London 1879.

MALO, L. ***Note fur l'état actuel de l'induftrie de l'afphalte. Annales des ponts et chauffées*** 1879–II, S. 267; 1880–I, S. 128.

Technifche Mittheilungen des fchweizerifchen Ingenieur- und Architekten-Vereins. Heft 10: Der Afphalt und feine Verwendung. Von J. T. ZETTER. Zürich 1880.

WOAS, F. Der Afphalt, feine Gefchichte, Gewinnung und Verwendung. Berlin 1880.

Der Afphalt, feine Gefchichte, Gewinnung und Verwendung. Ann. f. Gwbe. u. Bauw., Bd. 6, S. 353, 397.

MALO, L. ***Note fur l'état actuel de l'induftrie de l'afphalte. Bulletin de la foc. d'encourag.*** 1880, S. 468.

DIETRICH, E. Die Baumaterialien der Afphaltftraßen. Berlin 1881.

MÜLLER, E. Unterfuchung des Afphaltmaftix. Deutfche Bauz. 1881, S. 341.

HAUENSCHILD, H. Der Afphalt und feine Werthbeftimmung. Deutfche Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1881, Nr. 49.

KRZYZANOWZKI, K. Der Afphalt und feine Verwendung in der Bautechnik. Rigafche Ind.-Zeitg. 1881, S. 49, 62.

SPORNY, J. *Note fur un procédé pour diftinguer les produits des afphaltes naturels des maftics factices. Annales des ponts et chauffées* 1881—I, S. 112.

THOMS, G. Beitrag zur Kenntniß einiger Afphaltforten und der bezüglichen Rohmaterialien. Rigafche Ind.-Ztg. 1882, S. 161.

Ueber neuere Verwendungsweifen des Afphalts im Bauwefen. Deutfches Baugwksbl. 1883 S. 678, 697.

PINKENBURG. Das Afphaltgewerbe in Deutfchland. Deutfche Bauz. 1887, S. 534, 570.

IWAN. Afphalt, mit befonderer Berückfichtigung des Vorkommens von *Val de Travers*. Oeft. Zeitg. f. Berg- u. Hüttenw., Bd. 34, S. 192.

ZINCK, R. Informationen über Afphalt. Herausg. vom Hamburger Afphaltwerk. Hamburg 1896.

LETOUZE, P. & P. LOYEAU. *Traité des travaux en afphalte.* Paris 1897.

Prüfung von künftlichem Afphalt. Deutfche Bauz. 1897, S. 451.

KOVÁCS, J. Ueber Afphalt, fein Vorkommen, feine Verwendung und einfchlägige Unterfuchungen. Budapeft 1901.

KÖHLER, H. Die Chemie und Technologie der natürlichen und künftlichen Afphalte. Braunfchweig 1904.

Ferner:

Afphalt- und Teerinduftrie-Zeitung und Zeitung für Bodenbelegung, Dachdeckung und Imprägnierung. Red. von K. SACHISTHAL. Berlin. Erfcheint feit 1901.

---

5. Kapitel.

Glas.

Von † HANS HAUENSCHILD; neu bearbeitet von HUGO KOCH.

341. Glas als Bauftoff.

Die neuere Baukunft, welche das Eifen als Konftruktionsmaterial in fo hervorragender Weife anwendet, kann das Glas als notwendige Ergänzung nicht nur nicht entbehren, fondern diefes tritt als raumbegrenzender Bauteil, befonders in den großen Ausftellungs- und Bahnhofshallen, in den Pflanzenhäufern, photographifchen Ateliers, neuzeitlichen Warenhäufern ufw. fo fehr in den Vordergrund, daß der fog. „Kriftallpalaftftil" gewiffermaßen typifch das Überwiegen diefes Bauftoffes über das eigentliche Konftruktionsmaterial darftellt. Die Verbindung von Eifen und Glas ift auch für die Technik des letzteren von größter Bedeutung gewefen, und die Anforderungen an dasfelbe haben im Glasgewerbe eine ganz neue Zeit hervorgerufen.

342. Glasforten.

Für den Architekten kommen in erfter Linie jene Glasforten als Ausbaumaterialien in Betracht, welche die Beftimmung haben, das Tageslicht in das Innere der Gebäude zu laffen, in zweiter Linie diejenigen, welche das grelle Licht der künftlichen Beleuchtung bei Nacht mildern und verteilen follen, und zuletzt noch jene, welche als Erfatz für Stein und Metall und als Mittel für den rein dekorativen Ausbau dienen. Bei der wunderbaren Leichtigkeit, womit das Glas fich den zwei Hauptbedingungen äfthetifcher Wirkung, Form- und Farbengebung, anpaffen läßt, ift die Zahl der verfchiedenen Glasforten ungemein groß. In technifcher Beziehung teilt man die Gläfer meiftens in Tafelglas und in Hohlglas ein. Zwifchen beiden fteht das in neuerer Zeit fo vielfach verwendete

maſſive Gußglas. Hat das Tafelglas den Zweck, einen luft- und wetterfeſten Abſchluß herzuſtellen und gleichzeitig das Tageslicht ungeſchwächt in die begrenzten Räume einzulaſſen, ſo dient das Hohlglas mehr den Zwecken der künſtlichen Beleuchtung und das maſſive Glas den rein konſtruktiven und dekorativen Zwecken. Die Färbung kann dabei den verſchiedenſten Zwecken entſprechend ganz außerordentlich verſchieden ſein und verleiht dem Glaſe eine ganz ungewöhnliche Vielſeitigkeit.

343. Eigenſchaften und Prüfung.

Die Güte aller Gläſer hängt einerſeits von ihrer chemiſchen Zuſammenſetzung andererſeits von ihrer Erzeugungsweiſe ab. Der Einfluß der chemiſchen Zuſammenſetzung betrifft in erſter Linie die Dauerhaftigkeit, die Durchſichtigkeit, die Färbung und das Gewicht der Gläſer; der Einfluß der Erzeugungsweiſe (geblaſenes oder gegoſſenes Glas) äußert ſich vor allem bezüglich der Feſtigkeit und Elaſtizität, ſowie bezüglich der Form und der Abmeſſungen der Gläſer.

Die Dauerhaftigkeit richtig zuſammengeſetzter Gläſer iſt eine nahezu unbegrenzte. Sie äußert ſich durch völlige Unveränderlichkeit des Glanzes, der Durchſichtigkeit und der Farbe, während unrichtig zuſammengeſetzte Gläſer mehr oder weniger raſch den Glanz der Oberfläche verlieren, beſchlagen oder beſtauben, allmählich irriſierende Zerſetzungshäutchen zeigen oder unter dem Einfluſſe des Sonnenlichtes ihre Farben verändern und ſchließlich erblinden.

Nach den Unterſuchungen *R. Weber*'s [204]) ſollen richtig zuſammengeſetzte und bewährte Gläſer für Architekturzwecke Kalknatrongläſer ſein, wobei das Verhältnis der Atome Kieſelſäure zu Kalk und zu Alkalien annähernd 6 : 1 : 1 ſein ſoll, jedoch mit der erlaubten Schwankung, daß der Alkaligehalt gegenüber dem Kalkgehalt größer oder kleiner ſein kann, wenn gleichzeitig der Gehalt an Kieſelſäure entſprechend zu- oder abnimmt, ſo zwar, daß das Atomverhältnis der Kieſelſäure zum Geſamtverhältnis der Baſen ſtets annähernd gleich bleibt. Immer unterliegen kalireiche Gläſer leichter einer Veränderung als natronreiche; ſteigt jedoch der Alkaligehalt gegenüber dem Kalkgehalt auf 2 und darüber, ohne daß gleichzeitig der Kieſelſäuregehalt entſprechend zunimmt, ſo wird die Beſchaffenheit ſchon eine mangelhafte.

Die Prüfung von Glasſorten auf ihre Dauerhaftigkeit kann unter Umſtänden ſehr wichtig ſein. Die einfachſte Probe, die aber allerdings nur ſehr mangelhafte Gläſer als ſolche kennzeichnet, beſteht darin, daß man die gut gereinigten Glasproben längere Zeit entweder allein oder in Eiſenvitriol eingebettet ſtark erhitzt; ſchlechte Gläſer werden dadurch rauh und erblinden. Sicherer iſt das von *R. Weber* angegebene Salzſäureverfahren.

Danach werden die Gläſer zuerſt ſorgfältigſt mittels Alkohol gereinigt, ſodann während 24 Stunden über eine mit einer Glasglocke überdeckte, ſtarke, rauchende Salzſäure enthaltende Schale gelegt und hierauf behufs Verdunſtung der kondenſierten Säureteilchen 24 Stunden in einem abgeſchloſſenen Raum aufbewahrt. Mangelhafte Gläſer zeigen dann immer einen mehr oder weniger ſtarken weißen Beſchlag, welcher ſich bei den mittelguten Sorten zu einem zarten Hauche abmindert, der bei bewährten Gläſern aber unmerklich wird. Um den Beſchlag zu beobachten, iſt es ſehr zweckmäßig, das abgedunſtete Glas parallel mit einem Fenſter zu halten und es dann unter einem Winkel von 30 bis 40 Grad im auffallenden Lichte zu beobachten. Dadurch laſſen ſich die verſchieden ſtarken Beſchläge leicht vergleichen und zutreffende Schlüſſe auf die Dauerhaftigkeit der verſchiedenen Glasſorten ziehen.

Zur Farbenveränderung unter dem Einfluſſe des Sonnenlichtes neigen beſonders jene Gläſer, deren Grundmaſſe urſprünglich durch Eiſen grünlich gefärbt, durch Mangan farblos gemacht wurde. Das Sonnenlicht bewirkt nach längerer Zeit eine in das Purpurrote ſpielende Verfärbung, welche nach *Pelouze* durch Er-

[204]) Über die chemiſche Zuſammenſetzung der Gläſer und die dadurch bedingte Widerſtandsfähigkeit derſelben gegen atmoſphäriſche Einflüſſe. Annalen der Phyſik und Chemie, neue Folge, Bd. IV, S. 431 — und: Deutſche Töpfer- und Ziegl.-Ztg. 1879, Nr. 32.

hitzen wieder verſchwindet. Nach den langjährigen Beobachtungen *Gaffield*'s [205]) zeigen die gewöhnlichen Gläſer meiſtens Neigung zur Farbenveränderung, und zwar werden die auf der Schnittfläche erſichtlichen Farbenſtufen mit der Zeit ſtärker hervortretend, ſobald ſie der Abſchließung ausgeſetzt ſind.

Die geblaſenen Gläſer ſind ſtets auf der inneren glänzenderen Seite, welche deshalb die Glanzſeite heißt, widerſtandsfähiger als auf der rauheren Außenſeite. Geblaſenes Tafelglas wird daher bei Glaſerarbeiten mit der Glanzſeite ſtets nach außen geſetzt. Geſchliffene Gläſer neigen deutlich mehr zum Beſchlagen als ungeſchliffene, weil durch das Schleifen die harte Außenkruſte entfernt iſt.

344. Färbung der Gläſer.

Die Färbung der Gläſer und damit der verſchiedene Grad der Durchſichtigkeit wird durch Zuſatz färbender Metalloxyde zur ungefärbten Glasmaſſe entweder durch den ganzen Glaskörper oder durch Herſtellung einer farbigen Schicht auf dem ungefärbten Glaſe bewirkt. Das ungefärbte Glas kann man nach ſeiner Reinheit unterſcheiden als geringes halbgrünes Glas, woraus billigere Fenſterſcheiben und Hohlgläſer hergeſtellt werden und wohin auch gegoſſenes Rohtafelglas gehört. Feinere Sorten zu den gleichen Zwecken führen dann die Bezeichnung halbweißes Glas; ſie bilden das hauptſächlichſte Material zu den gewöhnlichen Verglaſungen und zeigen auf der Schnittfläche noch einen deutlichen Stich in das Grünliche oder Blaue. Hierzu iſt das ſog. rheiniſche Glas zu rechnen. Die weißeſten Sorten hiervon werden auch drei Viertel weißes Glas genannt.

Dieſe Unterſcheidung iſt wohl jetzt noch vielfach üblich; ſie iſt aber für die gegenwärtigen Verhältniſſe nicht mehr ausreichend und unzutreffend. Ein Unterſchied in der Farbe (im Stich) iſt heute kaum noch vorhanden. In Berlin und an anderen Orten trennt man deshalb das Glas hauptſächlich nur nach der Stärke und unterſcheidet:

1) Rheiniſches Glas, hergeſtellt in Weſtfalen, der Rheinprovinz, Bayern, Hannover, Schleſien und Sachſen; zeichnet ſich vor anderen Erzeugniſſen durch die größere Stärke nicht unter — 2,0 bis 2,5 mm — aus und wird bis zu rund 2 m Höhe angefertigt.

2) Sächſiches Glas, auf ſog. »deutſche Manier« nur bis 1,60 m Höhe zu Radeberg, Pirna, Schmölln, Straßgräbchen, Lommatzſch, Brand, Arnsdorf und Zwickau erzeugt; Stärke 2,00 bis 2,25 mm; beſonders rein, weil nur im Hafen geſchmolzen.

3) Schleſiſches Glas, in Schleſien, der Lauſitz und Pommern gleichfalls auf deutſche Manier hergeſtellt; Stärke 1,5 bis 2,0 mm.

Zu feinen Fenſtertafeln und guten Hohlgläſern wird das weiße oder rheiniſche Glas gebraucht, deſſen feinſte Sorten zu geſchliffenen Gegenſtänden benutzt werden. Beſondere Sorten weißen Glaſes ſind das böhmiſche Solinglas, ein weißes Kaliglas, das Spiegelglas, ein feines Kali-Natronglas mit meiſt 1 bis 2 Vomhundert Bleigehalt, das Kriſtallglas, zu den feinſten geſchliffenen Gegenſtänden verarbeitet, ein Bleiglas.

Für gewöhnliche Fenſterverglaſungen kommt faſt nur die 2. Sorte in Frage. Die 1. Sorte wird faſt nur für Bilderverglaſungen verwendet.

Die in der ganzen Maſſe gefärbten Gläſer ſind entweder durchſichtig oder mehr oder weniger undurchſichtig. Die erſteren kommen für uns bei der Herſtellung von Glasmoſaik in Betracht, und man will gegen 30000 verſchiedene Farben und deren Nuancen daraus hergeſtellt haben. Die nur durchſcheinenden

[205]) *L'action de la lumière ſolaire ſur le verre, Boſton. Bulletin de la ſociété d'encouragement*, Bd. VIII, Auguſt 1881, S. 425.

oder undurchſichtigen Gläſer, Emaillen, dienen beſonders zu Beleuchtungszwecken; dazu gehört das Milchglas von rein weißem Tone, das Beinglas und das Opalglas, mit rötlicher Opaliſierung, und das Alabaſterglas mit alabaſterartigem, trübem Schimmer. Hierzu ſind die farbenprächtigen Gläſer von *Tiffany* in New York zu rechnen, welche in Bleiverglaſung einen Erſatz für Glasmalerei liefern.

Das einſeitig gefärbte Glas hat in der Form von Überfangglas eine beliebte Anwendung gefunden, beſonders in Verbindung mit Ätzung und Sandbläſerei-Verzierung, und ſcheint in neuerer Zeit in der polychromen Behandlung der Fenſter mit der Glasmalerei erfolgreich in Wettbewerb zu treten. Für die Dauerhaftigkeit bedenklich iſt die bei Überfangglas häufige Erſcheinung, daß die farbige Schicht infolge ungleicher Zuſammenziehung beim Kühlen Sprünge zeigt. Farbige Glasbilder werden von *Dillmann* (1901) durch Übereinanderlegen von blauem, rotem und gelbem Überfangglas, welches außerdem geätzt, mattiert und geſchliffen ſein kann, hergeſtellt.

Kathedralglas iſt in Stärke von 2 bis 3 mm gegoſſenes weißes oder farbiges Glas, deſſen Oberfläche noch mit Flußſäure uſw. uneben gemacht iſt. Weiteres ſiehe in Teil III, Band 3, Heft I (Kap. 4) dieſes „Handbuches".

245.
Gewicht
und Härte.

Von der chemiſchen Zuſammenſetzung der Gläſer iſt ferner noch ihr verſchiedenes Gewicht abhängig.

Das Einheitsgewicht des halbweißen und gewöhnlichen weißen Fenſterglaſes ſchwankt zwiſchen 2,37 und 2,60, das des Spiegelglaſes zwiſchen 2,44 und 2,56, das des Kriſtallglaſes zwiſchen 2,80 und 3,20. Ein Einheitsgewicht, welches 2,80 überſteigt, deutet auf Blei- und Barytgehalt hin. Das ſchwerſte Glas iſt *Faraday*'s Flintglas mit einem Einheitsgewicht von 5,43.

Die Herſtellungsweiſe des Glaſes iſt von großem Einfluſſe auf die Härte, Elaſtizität und Feſtigkeit desſelben. Beſonders wichtig iſt dabei der Einfluß der Kühlung.

Sorgfältig gekühlte Gläſer haben größere Elaſtizität; zu langſam gekühlte zeigen bei großer Weichheit leicht Neigung zum Entglaſen und werden dann undurchſichtig; zu raſch gekühlte Gläſer ſind bei größerer Feſtigkeit allzu ſpröde. Richtig gekühlte Gläſer zerſetzen im Polariſationsapparate das Licht nicht, daher *Bontemps* den Polariſationsapparat zur Prüfung auf gute Kühlung vorſchlug. Die Kühlung kann auch nach der Erfindung *Alfred de la Baſtie*'s zur Herſtellung von Hart- oder Vulkanglas (*Verre trempé*) benutzt werden. Zu dieſem Zwecke wird bis zur Erweichung erhitztes Glas plötzlich in einem Öl-, Stearin- oder Metallbade auf mindeſtens 200 Grad abgekühlt; ſodann darf es nur ſehr langſam nach und nach erkalten.

Das Hartglas, welches ſich für verſchiedene Zwecke, beſonders zu Beleuchtungsgegenſtänden, eingeführt hat, iſt viel elaſtiſcher und härter als gewöhnlich gekühltes Glas.

246.
Elaſtizität
und
Feſtigkeit.

Auf die Elaſtizität und Feſtigkeit des Glaſes ſind auch von Einfluß die Form des betreffenden Glasſtückes, ſeine Dicke und der Umſtand, ob das Probeſtück in ſeiner Größe durch den Erzeugungsvorgang unmittelbar hergeſtellt oder aus einem größeren Stücke herausgeſchnitten wurde. Über die Art der Einwirkung der verſchiedenen Einflüſſe auf die Elaſtizität und Feſtigkeit des Glaſes können ganz beſtimmte Angaben auf Grundlage der ſeitherigen Verſuchsergebniſſe nicht gemacht werden; als Anhalt können indes die folgenden Zahlen dienen.

Glasforte	Elastizitätsziffer nach *Wertheim* und *Chevandier*	Zugfestigkeit nach *Wertheim* und *Chevandier*	Zugfestigkeit nach *Fairbairn*	Druckfestigkeit nach *Fairbairn* für Zylinder	Druckfestigkeit nach *Fairbairn* für Würfel[206]
Fensterglas	791,7	176,3	—	—	—
Spiegelglas	701,5	140,0	—	—	—
Ungefärbtes bleifreies Kristallglas	689,0	100,2	—	—	—
Weißes und farbiges Kristallglas	547,7	66,5	—	—	—
Gekühltes Flintglas	—	—	161 bis 179	1940	923
Grünes Glas	—	—	203	2241	1421
Crown-Glas	—	—	179	2180	1531
	Tonnen für 1 qcm	Kilogramm für 1 qcm			

Der Koeffizient der Biegungsfestigkeit beträgt nach *Schwering*[207]) für geblasenes Rohglas in Stärken von 3 bis 5 mm im Mittel 375 kg auf 1 qcm; für gegossenes Rohglas nimmt derselbe mit wachsender Stärke ab, so daß man für Glasstärken δ zwischen 5 und 15 mm diesen Koeffizienten mit $200 + 1{,}6\,(15 - \delta)^2$ Kilogr. für 1 qcm annehmen kann. Für Preßhartglas setze man etwa 1000 kg für 1 qcm. Die berühmten Spiegel- und Gußglas-Manufakturen von St.-Gobain geben den Bruchkoeffizienten ihres gutgekühlten Glases mit 250 kg für 1 qcm an[208]).

De la Bastie[209]) sagt, daß die Elastizität des Hartglases mehr als doppelt so groß ist, wie beim gewöhnlichen Glase; einfaches Hartglas ist etwa 1,5-mal, anderthalbfaches aber 3,1-mal so widerstandsfähig als gewöhnliches Glas von Doppeldicke. Die Biegsamkeit, bei gewöhnlichem Glase sehr klein, ist bei Hartglas sehr hoch; polierte gehärtete Glasplatten von 6 bis 13 mm Dicke waren 3,67-mal so fest als gewöhnliches Glas von gleicher Dicke; rohe gehärtete Glasplatten hingegen 5,33-mal so widerstandsfähig als gewöhnliches Rohglas. Bezüglich der Stoßfestigkeit hat sich ergeben, daß gewöhnliches Glas von 6 mm Stärke beim Auffallen eines 100-Grammgewichtes mit 80 cm Fallhöhe zerspringt, Hartglas von nur 3 mm Dicke bei gleichem Fallgewicht einer Fallhöhe von 5,75 m bedarf. Nach *Bauer* soll richtig hergestelltes Hartglas selbst mit dem Diamanten sich nicht mehr zerschneiden lassen[210]).

347. Tafelglas.

Beim **Tafelglas** unterscheidet man bekanntlich geblasenes und gegossenes. Das geblasene Tafelglas wird nach zwei wesentlich verschiedenen Verfahren hergestellt, und zwar als sog. **Walzenglas** und als **Mondglas**.

348. Walzenglas.

Das Walzenglas, wie man es auf dem Festland ausschließlich erzeugt, wird durch Aufsprengen einer zylinderförmig geblasenen Walze auf dem Strecktische hergestellt und kann ganz ansehnliche Größe haben. Es gibt Tafeln aus Walzenglas im Handel, welche bis 1,65 m Höhe bei 1,02 m Breite haben und bis 15 kg wiegen. Ausnahmsweise hat man Walzenglas von 3,05 m Höhe bei 1,16 m Breite = 3,5 qm angefertigt; gewöhnliche Walzen haben durchschnittlich ein Gewicht von 4 kg und je nach ihrer Dicke verschiedene Abmessungen. (Siehe Art. 344, S. 308.)

Der Dicke nach werden verschiedene Abstufungen hergestellt, und man unterscheidet bei Walzenglas:

dünn oder 7/8 stark, ungefähr 1,5 mm dick; 1 qm davon wiegt etwa 3,6 kg;

ordinär oder 4/4 stark (auch einfaches Glas genannt), ungefähr 2 mm dick; 1 qm davon wiegt etwa 4,8 kg; 5/4 stark, ungefähr 2,5 mm dick; 1 qm davon wiegt etwa 6 kg;

1 1/2 oder 6/4 stark (auch anderthalbfaches Glas genannt), ungefähr 3 mm dick; 1 qm davon wiegt etwa 7,2 kg;

doppelt oder 8/4 stark (auch Doppelglas genannt), ungefähr 4 mm dick; 1 qm davon wiegt etwa 8,4 kg.

[206]) Aus größeren Stücken herausgeschnitten, daher schlecht gekühlt.

[207]) Siehe: SCHWERING. Ueber die Biegungs-Festigkeit des Glases mit Rücksicht auf die Construction von Glasbedachungen. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1880, S. 69.

[208]) Siehe auch: CONNERT, F. Ueber die Biegungsfestigkeit des Glases. Civiling., 1888, S. 1, 109, 621.

[209]) *Comptes rendus* 1881, S. 194.

[210]) *Sur la résistance à la flexion du verre trempé. Comptes rendus*, Bd. 92, S. 194.

Weiteres hierüber in Teil III, Band 3, Heft 1 (Kap. 4) dieſes „Handbuches“.

Die ſtärkeren Nummern des halbdoppelten und doppelten Glaſes dienen auch als Spiegelſcheiben und werden dann geſchliffen. Dieſes geblaſene deutſche Spiegelglas kommt in zwei Hauptformen im Handel vor: als Judenmaßgläſer, und zwar einfach Judenmaß: 268 mm lang, 216 mm breit, und doppelt Judenmaß: 432 mm lang, 268 mm breit; ſodann als Zollgläſer von ſehr wechſelnden, nach Zollen angegebenen Abmeſſungen.

Dem Format nach, d. h. dem Verhältniſſe der Höhe *h* zur Breite *b* unterſcheidet man bei den Walzengläſern:

Quadrate oder Butte	$h = b$,	Bezeichnung: □
Gevierte oder Quadrate	$h = b + \frac{b}{4-6}$,	„ ▭
Gewöhnliche	$h = b + \frac{b}{3-4}$,	„ ○
Hohe	$h + b = \frac{b}{2}$,	„ △

Steigt die Höhe gegenüber der Breite noch mehr, ſo nennt man die Gläſer lange; dieſes Format kommt jedoch ſelten vor.

Die Quadrate und gewöhnlichen Formate werden meiſt von deutſchen Glashütten mit Ausnahme der rheiniſchen hergeſtellt, weil die deutſchen Glasbläſer die Walzen mit größerem Durchmeſſer, dafür aber kürzer zu blaſen pflegen und als Höhe der Tafeln den Umfang der Walze nehmen. Solches Glas hat faſt kreisrunde Blaſen in fehlerhaften Stellen.

Die rheiniſch-belgiſchen Glashütten erblaſen meiſt die längeren Formate und nehmen als Höhe die Höhe der Walze; fehlerhafte Stellen zeigen langelliptiſche Blaſen.

Für die Verglaſung der Fenſter wird meiſt eine Glasſorte gewählt, für welche ſich die Bezeichnung „Rheiniſches Glas“ eingebürgert hat (ſiehe Art. 344, S. 308); doch iſt dies nur der Ausdruck für die Herſtellungsweiſe, nicht aber eine beſondere Kennzeichnung des aus den rheiniſch-weſtfäliſchen Glashütten hervorgehenden Erzeugniſſes.

Die Abmeſſungen der Tafeln werden bei Berechnung nach Bunden nicht im Flächenmaß, ſondern im Additionsmaß, d. h. „Höhe + Breite“ als Maßzahl angegeben, häufig jetzt aber auch nach Quadr.-Metern.

349. Mondglas.

In England iſt vielfach das Mondglas, beſonders wegen ſeines hervorragenden Glanzes, bei großer Dünnheit und Biegſamkeit, als Tafelglas noch beliebt. Dieſes gibt, da es eine runde Scheibe mit dem Pfeifenanſatz als Buckel in der Mitte (Ochſenauge) darſtellt, welche meiſt nur etwa 1,50 m Durchmeſſer hat, bedeutend geringere Abmeſſungen; man erkennt es außer am erhöhten Glanze auch an nach den zentralen Stellen zu wachſender Dicke und an ſelten fehlenden konzentriſchen, ringförmigen Streifen, welche von der Art der Herſtellung herrühren.

Die Stärke des Mondglaſes iſt gewöhnlich 1,4 mm; 1 qm hiervon wiegt dann 3,66 kg; extraſtarkes von 2,1 mm Dicke wiegt 5 kg für 1 qm. Die Abmeſſungen, in denen Mondglas geliefert wird, ſind meiſtens 860 mm Höhe bei 460 mm Breite für hohes Format und 790 mm Höhe bei 530 mm Breite für gewöhnliches Format.

350. Gegoſſenes Tafelglas.

Das gegoſſene Tafelglas iſt das Hauptmaterial der modernen Glasbauten, als Tafelglas ſowohl, wie als Spiegel. Die hervorragendſten Leiſtungen dieſer Art liefert die Begründerin der Gußglas-Induſtrie, die berühmte *Société anonyme de manufactures des glaces de St.-Gobain, Chauny et Cirey,* welche auch in Stolberg und bei Mannheim Zweigfabriken beſitzt.

Das gegoſſene Tafelglas wird unterſchieden in Rohglas und poliertes oder Spiegelglas. Größere Flächenabmeſſungen und bedeutendere Stärken ſind hier ganz außerordentlich viel leichter möglich als beim geblaſenen Glaſe.

So hatte *St.-Gobain* 1878 in Paris eine polierte Platte von 6,45 m Höhe, 4,11 m Breite und 11 mm Stärke ausgeſtellt, welche daher eine Flächenausdehnung von 26,5 qm hatte und 735 kg wog. Schaufenſtergläſer von 16 qm Größe ſind heute nichts Außergewöhnliches mehr.

Ebenſo iſt die Dicke beliebig verſchieden. So liefert die Stolberger Anſtalt z. B. für Aquarien und Irrenhausfenſter Tafeln von 14 und 20 mm Dicke, während zur Beleuchtung von Kellern unter Hofräumen quadratiſche Platten von 33 mm mittlerer Stärke und 270 mm Seitenlänge, die für 1 qm 77 kg wiegen, ſehr häufig benutzt werden. Zur Erleuchtung von Räumen unter lebhaft von

Fuhrwerken befahrenen Flächen dienen auch noch Pflasterwürfel aus Rohglas von 165 mm Stärke bei 150 mm Seitenlänge; ein solcher Würfel wiegt 9 kg. Glas mit Ornamentguß wird von dem Verein deutscher Spiegelglasfabriken in den Handel gebracht in Größen bis zu 3 m Höhe und 0,90 cm Breite; es enthält an einer Seite reliefierte, eisähnliche Muster, durch deren kleine prismatische Flächen das Licht verstärkt werden soll, und gibt eine undurchsichtige, glänzend helle Zierverglasung.

Rohglasplatten (*Dalles brutes*) nennt *St.-Gobain* jene ungeschliffenen Platten, die mehr als 14 mm Dicke haben. Diese besonders zur Erleuchtung unterirdischer Räume benutzten Platten werden in folgenden Abmessungen geliefert: 2 m × 0,81 m = 1,62 qm, Stärke 15 bis 16 mm, Gewicht 65 kg; ferner bei gleicher Quadratfläche

in Stärken von	20 bis 21 mm und einem Gewichte von	82 kg
„ „ „	25 „ „ „ „ „	105 „
„ „ „	31 „ „ „ „ „	125 „
„ „ „	37 bis 38 „ „ „ „ „	150 „

Die wichtigsten Sorten gegossenen Glases sind die Rohgläser für Deckenlichter, welche durch parallele oder rautenförmig angeordnete Riefen und durch natürliche Unebenheiten das einfallende Licht brechen und zerstreuen, daher ein angenehmes, ruhiges Licht geben. Ihre Dicke beträgt gewöhnlich zwischen 4 und 6 mm, und 1 qm wiegt etwa 12,5 kg.

Für verglaste Decken und Deckenlichter, welche begangen werden sollen, bezw. für Glasfußböden werden besonders starke Glasplatten oder Glasfliesen in den Handel gebracht. Damit sie für das Begehen nicht zu glatt sind, werden sie meist an ihrer Oberfläche gerieft oder kreuzweise gefurcht hergestellt.

Solche Glasfliesen werden namentlich in den großen Pariser Geschäftshäusern in großem Umfange verwendet; sie messen dort 35 cm im Geviert, sind 6 bis 7 cm dick, mit 1 cm tiefen, einander kreuzenden Riefen versehen und haben eine etwas grünliche Farbe.

Die „Aktiengesellschaft für Glasindustrie vorm. *Friedr. Siemens*“ in Dresden erzeugt „Glashartguß-Fußbodenplatten“ in verschiedenen Riefungsmustern, weiß und halbweiß, welche 15, 16,5, 20, 22, 30, 33, 36, 39 und 42 cm im Quadrat messen.

Näheres über derartige Gläser (Glasprismen und -Linsen usw.) siehe in Teil III, Bd. 2, Heft 3, b (Abt. III, Abschn. 2, C, Kap. 21) dieses „Handbuches“.

Mit großem Vorteil werden auch die Dachziegel aus Gußglas verwendet. Von diesen kommen alle Formen der gewöhnlichen und Falzziegel vor und bieten den Vorteil, an jeder beliebigen Stelle des Daches Beleuchtung hervorrufen zu können, ohne konstruktiven Eingriff in die Eindeckung. Die gläsernen Dachfalzziegel wiegen gegenüber den Ton-Dachfalzziegeln 2,5 kg gegen 3 kg, und man rechnet von den gebräuchlichen Sorten 13 Stück auf 1 qm.

Die stärker geriefelten Platten besitzen nach *Schwering* eine größere Festigkeit als Platten ohne Riefelung von gleicher Dicke; das Rautenmuster, wovon gewöhnlich zwei Muster gemacht werden, deren Linien 10 und 100 mm Entfernung haben, soll hingegen nach praktischen Erfahrungen der Glashütten auf die Festigkeit ungünstig wirken. Die dünneren Rohglassorten haben häufig Arbeits-, bezw. Kühlungsfehler, welche ihre Festigkeit in schädlicher Weise beeinflussen und von der Anwendung solcher abhalten sollten. Es sind dies Haarrisse, unregelmäßige Sprünge an der Oberfläche, welche sich infolge von Stößen, z. B. unter leichten Hammerschlägen, rasch vergrößern und Springen der Platten herbeiführen können. Die Rohglassorten für Deckenlichter sind zu den gewöhnlichen Preisen für 1 qm bei einer Stärke von 4 bis 6 mm bis zu Größen von 1,5 qm, d. h. von 81 × 210 cm zu haben; die Länge darf jedenfalls nicht 250 cm und die Breite nicht 81 cm überschreiten, wenn nicht ein erhöhter Einheitspreis eintreten soll, weil bei dünnen Platten, die aufrecht lehnend gekühlt werden, das Windschiefwerden oder Verziehen desto leichter eintritt, sobald eine gewisse obere Grenze überschritten wird.

In Paris werden gläserne Pflastersteine benutzt, welche aus Glasabfall hergestellt sind, der bis zum Weichwerden erwärmt und dann unter hydraulischem Druck stark gepreßt wird, worauf das Zerschneiden in Würfelform erfolgt, um die Steine beim Pflastern gut verlegen zu können.

Gebogene Platten werden meist aus besonders starkem, geblasenen Glase auf einer entsprechenden Unterlage gestreckt, lassen sich aber auch aus poliertem oder

dünnem Rohglase herstellen, finden jedoch ihres hohen Preises halber seltener Anwendung für Erkerfenster, Windfänge, Schaufenster, Treibhäuser usw. Geblasenes Glas, welches auf einem eigens dazu geformten Strecktische mit wellenförmigen Unebenheiten versehen wird, heißt Schuppen- oder kanneliertes Glas und vertritt das geriefelte Rohglas.

351. Hartglas.

Da geblasenes Glas im Durchschnitt höhere Festigkeit besitzt als gegossenes von gleicher Stärke, so wird es, soweit seine geringeren Abmessungen es zulassen (stärkere Dachgläser von $4^{1}/_{2}$ bis 5^{mm} Dicke sind nur in Abmessungen von 100×64 oder 96×68^{cm} zu haben), auch vielfach gebraucht, während das Hartglas, und zwar besonders das *Siemens*'sche gehärtete Tafelglas, auch Preßhartglas genannt, dessen Festigkeit allerdings beträchtlich größer ist, einerseits der geringen Abmessungen von 30 bis 40×50^{cm}, andererseits des hohen Preises halber seltener Anwendung findet. Es wird durch Pressen des rotwarmen Glases zwischen raschkühlenden Metallplatten erzeugt und ist allerdings sehr widerstandsfähig gegen Stoß, Schlag und plötzlichen Temperaturwechsel, zerspringt aber sehr leicht durch Ritzen. Hierzu kam bisher auch der Übelstand, daß scheinbar tadellose Platten manchmal plötzlich auch ohne äußerlich wahrnehmbare Ursache sprangen; die „Aktiengesellschaft für Glasindustrie vorm. *Friedr. Siemens*" in Dresden läßt deshalb jede einzelne Platte vorher auf ihre Festigkeit prüfen, bevor sie als brauchbar verkauft wird. Gegenwärtig wird das Preßhartglas auch in größeren Abmessungen hergestellt, und zwar in Flächen bis zu 90×130^{cm}; indes steigen die Preise rasch mit der Größe und Stärke. Das früher vorgekommene freiwillige Zerspringen der verlegten Preßhartglastafeln soll nach Angaben des Erfinders durch Änderungen im Herstellungsvorgang jetzt verhindert werden.

Von der genannten Dresdener Anstalt werden folgende Sorten von gehärtetem Tafelglas (Preßhartglas) erzeugt: helles Preßhartglas, mattiertes Preßhartglas, musselinierteś Preßhartglas, farbiges (rotes, grünes, blaues, violettes, gelbes, milchweißes und Überfang-) Preßhartglas.

Da sich Preßhartglas nicht schneiden läßt, muß man bei Bestellungen entweder die Abmessungen ganz genau angeben oder genaue Schablonen einsenden.

352. Drahtglas.

Von der „Aktiengesellschaft für Glasindustrie vorm. *Friedr. Siemens*" in Dresden wird seit einigen Jahren auch sog. Drahtglas hergestellt. Die Glasmasse wird im flüssigen Zustande mit einer Metall- oder Drahteinlage versehen, wobei das Glas die Einlage vollständig deckt und gegen das Rosten schützt. Das Glas erträgt den schroffsten Wärmewechsel, ohne auseinander zu brechen, und bewährt seine Haltbarkeit sogar, wenn es erhitzt mit Wasser bespritzt wird und Sprünge erhält; die Drahteinlage beeinträchtigt die Lichtdurchlässigkeit in nur geringem Maße (bei 1^{mm} Drahtstärke und $7{,}5^{mm}$ Maschenweite um 27 Vomhundert). Durch diese Eigenschaften erscheint solches Glas namentlich für die Verwendung zu Decken- und Dachlichtern, für Glasfußböden, Glasdecken und Fabrikfenster sehr geeignet.

Die Drahtglastafeln werden von der genannten Fabrik in Stärken von etwa 7, 8 bis 10, 15, 20, 25 und 30^{mm} geliefert. Für die 7^{mm} und 8 bis 10^{mm} starken Tafeln sind 50×100^{cm} und 53×104^{cm} Lagermaße; doch werden auf Bestellung die 7^{mm} und 8 bis 10^{mm} starken Tafeln bis zu $1{,}5^{qm}$ Fläche, aber nicht länger als $2{,}50^{m}$, die 15^{mm} starken Tafeln bis zu $1{,}25^{qm}$ Fläche, aber nicht länger als $1{,}50^{m}$, die 20 und 25^{mm} starken Tafeln bis zu $1{,}25^{qm}$ Fläche, aber nicht länger als $1{,}30^{m}$ erzeugt.

Nach *Hartig*[211]) beträgt die Bruchfestigkeit des Drahtglases das 1,4-fache von derjenigen des gewöhnlichen Glases. Zur vollen Zerstörung des Drahtglases mittels eines ohne Stoß durchdringenden Körpers würde die 558-fache Arbeit

[211]) Siehe: Civiling. 1892, S. 265.

gegenüber dem gewöhnlichen Glase ohne Drahtgewebe notwendig sein, sofern man die Ränder der Drahtglasplatten so befestigt, daß beim Brechen des Glaskörpers das Drahtgewebe den Bruchstücken nicht zu folgen vermag. Ein Übelstand dieses Glases ist, daß es in den erforderlichen Größen auf Bestellung angefertigt werden muß, weil es sich nicht schneiden läßt. Dieser ist jedoch bei dem von der Aktiengesellschaft *Schalke* nach anderem Verfahren hergestellten, etwas weitmaschigeren Drahtglase vermieden.

353. Schirmglas.

In neuester Zeit ist es *Zsigmondy* [212]) gelungen, ein Glas herzustellen, welches die strahlende Wärme in hohem Maße aufnimmt und das er Wärmeschirmglas oder Schirmglas kurzweg nennt. Dem Glassatz wurden Eisenoxyd und Reduktionsmittel zugesetzt, und das Ganze schmolz man bei einer Temperatur, die der des Scharffeuers in Porzellanöfen nahe kam. Es hat den Anschein, daß durch Reduktionswirkung das Eisenoxyd nahezu vollständig in Eisenoxydul übergeht; das Glas ist deutlich blau gefärbt mit einem Stich in das Grüne.

Dieser Baustoff hat in solchen Fällen Eingang gefunden, wo man den Abschluß der Räume durch Glas bewirken muß und wo man nicht selten zur Sommerszeit von der unerträglichen Hitze viel zu leiden hat, wie z. B. unter Decken- und Dachlichtern, unter Glasdachziegeln, in Treibhäusern usw.

354. Dekorationsweisen.

Die Dekorationsweisen der Tafelgläser bezwecken entweder matte, farblose Muster auf farblosem Grunde oder durchsichtige auf mattem Grunde, farblose auf farbigem, sowie farbige auf farblosem oder gefärbtem Grunde.

Man hat hierzu das Einbrennen, Gravieren, Schleifen, Ätzen und Sandblasen in Anwendung gebracht, und je nach der beabsichtigten Wirkung wird noch heute jedes dieser Verfahren benutzt.

Das Einbrennen ist nichts, als die Herstellung einer durchbrochenen andersfarbigen oder undurchsichtigen Glasschicht auf dem Grundglase, wie bei der Erzeugung des Musselinglases, oder es dient als Grundlage der eigentlichen Glasmalerei. Das Gravieren wird entweder mittels Diamant oder, wie in neuerer Zeit eingeführt, mittels elektrisch glühenden Platindrahtes durchgeführt und erzielt die feinsten Konturen. Das Schleifen mittels Schmirgel-Schleifgeräten oder Sandsteinen ist ebenfalls für Flächendekorierung entweder mit oder ohne Polieren vielfach in Anwendung. Das Schleifen und Polieren ist hauptsächlich bei der Herstellung von Spiegelgläsern und Kristallgläsern angebracht.

Das Ätzen geschieht mittels Flußsäure; die Zeichnung wird hierbei dadurch ausgeführt, daß durch Harze oder Fette derjenige Teil der Tafel vor dem Angriff der Flußsäure geschützt wird, welcher glänzend bleiben soll, und daß man die übrigen Stellen mit einem Brei von Flußspatmehl und Schwefelsäure oder mit flüssiger Flußsäure oder Fluorammon matt ätzt.

Das Sandblasen oder Mattschleifen mittels Sandstrahl hat seit seiner Erfindung durch *Tilghmann* weitaus den ersten Rang als Dekorationsverfahren sich errungen und gestattet mit geringem Zeit- und Kostenaufwande die Herstellung verschieden tiefer Mattierung. Besonders üblich ist neuerdings das Ätzen und Sandblasen von Überfangglas geworden, wodurch farbige Zeichnung auf farblosem Grunde oder umgekehrt zur Anschauung kommt. Auch durch wiederholte Ätzung oder Sandbläserei werden wirkungsvolle Zeichnungen Matt in Matt (*Grisaille*) erzeugt.

355. Hohlglas.

Das Hohlglas, soweit es für Architekturzwecke in Betracht kommt, dient hauptsächlich zu Beleuchtungszwecken; es ist namentlich seit Einführung der Gas- und der elektrischen Beleuchtung in unsere Räume ein nicht unwichtiges Material der inneren Ausstattung geworden. Die Formen, in denen Hohlglas hierzu verwendet wird, sind, dem Zwecke der Abhaltung von Luftzug und der Zerstreuung des Lichtes entsprechend, sphäroidisch mit oben und unten abgeschnittenen Polen.

Im besonderen kommen davon vor: Kugeln mit glatt abgeschliffenen Öffnungen unten und oben, oder mit kurzen wulstigen Halsansätzen, wovon der untere einen kleineren Durchmesser

[212]) Näheres siehe: ZSIGMONDY, R. Für Wärmestrahlen undurchlässiges Glas. Polyt. Journ., Bd. 287, S. 17, 68, 108 – sowie: Journ. f. Gasb. u. Wass. 1893, S. 574, 592 u. 610.

befitzt als der obere; auch aus zwei Halbkugeln zufammengefetzte Kugeln, wovon die obere in einer kleinen Randerweiterung des oberen Umfanges der unteren Kugel fitzt und fich daher behufs Reinigung leicht abnehmen läßt, finden Anwendung. Sodann folgen außerordentlich mannigfaltige Formen von fog. Gasfchalen, von der flachfphäroidifchen halbgefchloffenen Form mit eingezogenem Fuße an bis zur flachtellerförmigen Schale mit ebenem oder ausgefchnittenem Rande. Für Flur- und Gartenbeleuchtung werden vielfach Ampeln in verkehrt eiförmiger Geftalt oder in Urnen- und Amphorenform verwendet. Seltener bedient man fich bei der Gasbeleuchtung noch der Tulpenform. Dazu kommen die verfchiedenften Formen von Lampenfchirmen aus Milchglas, die Schutzglocken über den Gasbrennern und die im befonderen für die elektrifche Beleuchtung geeigneten Glasgegenftände. Der Schmuck diefer Hohlgläfer für Beleuchtungszwecke bewegt fich meift in zierlichem geometrifchem oder in lebensvollem Rankenornament, in Ätzmanier oder buntfarbiger Ausführung.

356. Glasbaufteine.

Seit einigen Jahren erzeugen die Glashüttenwerke »Adlerhütten, *H. Mayer & Co.*« zu Penzig in Schlefien fog. Glashohlfteine oder Glasbaufteine, Syftem *Falconnier,* welche fich wie andere Steine mit Hilfe von Mörtel zu Wänden und zu gewölbten Decken vereinigen laffen. Solche Wände und Decken empfehlen fich namentlich dort, wo möglichft viel zerftreutes Licht in die Räume eingeführt werden foll, z. B. für große und tiefe Arbeitsfäle, für Künftlerateliers, Pflanzenhäufer, Operationsfäle ufw., auch dann, wenn eine tunlichft gleichmäßige Temperatur gewünfcht wird, wie in Eisfabriken, Schlächtereien ufw.

Diefe Glasbaufteine find linfenförmige Hohlkörper aus Glasmaffe und werden fowohl als ganze, wie auch als Dreiviertel-, halbe und Viertelfteine hergeftellt; fie werden halbweiß, weiß, milchglas und in fatten, dunkeln Farben erzeugt. Auf 1 qm gehen rund 55 Stück.

Ferner werden von der mehrfach bereits genannten »Aktiengefellfchaft für Glasinduftrie vorm. *Friedr. Siemens*« in Dresden „Glashartguß-Mauerfteine" angefertigt, welche $25 \times 12{,}5 \times 6{,}5$ cm Abmeffung haben und in halbweißem Zuftand hohl oder maffiv geliefert werden.

Die Sächfifchen Glaswerke A.-G. vorm. *Grützner & Winter* in Deuben bringen Hartglasbaufteine »Fauft« in den Handel, welche kaftenartig gegoffen find und das Format unferer gewöhnlichen Backfteine haben, fo daß man fie mit letzteren vermauern kann.

Jeder Stein hat an der einen Seite eine Nut, an der anderen eine Feder und läßt fich fo mit anderen Mauerfteinen im Verband vermauern. Das Glas kann auch gelb, blau oder grün gewählt werden.

357. Maffives Glas.

Das maffive Glas wurde zwar in Form von Pflafterwürfeln, Baufteinen ufw. fchon erwähnt; hier handelt es fich jedoch anhangsweife noch um die Befchreibung desfelben als Dekorationsmaterial. Am glänzendften wirkt das farblofe, in Facetten gefchliffene Kriftallglas, wie es jetzt wieder vielfach für Saalkronleuchter, aber auch für dekorative Verglafung von Abfchlußwänden, Türen ufw. angewendet wird. Milchglas und Farbglas werden gepreßt und gefchliffen auch zu eleganten Türdrückern, Klingelzuggriffen, Oliven ufw. verarbeitet; ja in der Glasmalerei verwendet man farbiges Glas in halberhabenen, plaftifchen Formen, ob mit Berechtigung oder nicht, fei hier unerörtert gelaffen; wirkungsvoll in höchftem Grade bleibt diefes Verfahren jedenfalls und kann als eine Ausbildung der altdeutfchen Butzenglas-Fenfter betrachtet werden.

Ferner find die »Glashartguß-Wandverkleidungsplatten« anzuführen, welche von der »Aktiengefellfchaft für Glasinduftrie vorm. *Friedr. Siemens*« erzeugt werden; fie haben ein Flächenmaß von 22×22 cm und werden in Dicken von 15, 22 und 25 mm, weiß und halbweiß, glatt und gemuftert, geliefert; auch zugehörige Simfe und Friefe find erhältlich. Ebenfo ift der gepreßten Glasplatten für Wandbekleidung aus dem fchlefifchen Tafelglas-Hüttenwerke von *Piefchel & Hoffmann* zu Bernsdorf zu erwähnen; fie meffen 14,3 cm im Quadrat, find 8 mm

dick, haben einen elfenbeinartigen Ton und find an der Vorderfeite mit plaftifchem Ornament verfehen. Über Glasfußböden (Keramo), Glasmofaik ufw. fiehe Teil III, Band 3, Heft 3 (Kap. 2 u. 10) diefes „Handbuches“.

338.
Elektroglas.

Elektroverglafung wird von dem deutfchen Luxferprismen-Syndikat in Berlin S. hergeftellt.

Zu diefem Zwecke werden die einzelnen Glasplatten in erforderlicher Form auf einem Tifche ausgebreitet und in die Stoßfugen Kupferftreifen von der Dicke des Glafes gelegt, fo daß jede Scheibe von einem folchen Streifen, der fie von der Nachbarfcheibe trennt, eingefaßt ift. Diefe Kupferftreifen werden fodann verlötet, fo daß fie ein Netz mit Glaseinlagen bilden, welches durch einen Eifenrahmen umfäumt wird. Das Ganze wird nunmehr in ein Kupferbad getaucht und mit der Kathode der elektrifchen Leitung verbunden, worauf fich das Kupfer an allen Metallteilchen feftfetzt, etwa vorhandene Lücken zwifchen Glas und Kupferftreifen ausfüllt und fchließlich über letzteren noch einen Wulft bildet, welcher die Ränder der Glasplatte überdeckt und letztere in dem Metallnetz fefthält.

Das Elektroglas foll befonders auch das Drahtglas erfetzen.

Literatur

über „Glas als Bauftoff“.

Gegoffenes ftarkes Glas zur Bedachung von Lichthöfen, Eifenbahn-Einfteigehallen, Spinnereien, Webereien, Treibhäufern ufw. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1858, S. 215.

LOBMEYR. Die Glasinduftrie, ihre Gefchichte, gegenwärtige Entwicklung und Statiftik. Stuttgart 1874.

Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausftellung im Jahre 1873. Erftattet von der Centralcommiffion des Deutfchen Reiches. Band 2. Braunfchweig 1874. S. 464: Glasinduftrie.

BENRATH, H. E. Die Glasfabrikation. Braunfchweig 1875.

SCHWERING. Ueber die Biegungsfeftigkeit des Glafes mit Rückficht auf die Conftruction von Glasbedachungen. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1880, S. 69.

STROTT, G. K. Einiges über die Bearbeitung des Glafes. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1881, S. 79.

MILLER, J. B. Die Verzierung der Gläfer durch den Sandftrahl etc. Wien 1882.

DEMMIN, A. Keramik-Studien. 4. Folge: Das Glas, deffen Gefchichte und Werkweife etc. Leipzig 1883.

FRIEDRICH, C. Die altdeutfchen Gläfer etc. Nürnberg 1884.

CONNERT, F. Ueber die Biegungsfeftigkeit des Glafes. Civiling. 1888, S. 1, 109, 621.

HARTIG. Ueber die Biegungsfeftigkeit des Drahtglafes. Civiling. 1892, S. 265.

Schlagverfuche mit Glasplatten. Baumaterialienkde. 1896, S. 96.

Ferner:

Sprech-Saal. Organ der Porzellan-, Glas- und Thonwaaren-Induftrie etc. Red. von A. SCHMIDT. Coburg. Erfcheint feit 1867.

Die Glashütte. Red. von W. FAHDT. Leipzig. Erfcheint feit 1871.

Central-Blatt für Glas-Induftrie und Keramik. Red. von D. L. SPITZER. Wien. Erfcheint feit 1892.

The pottery and glafs journal. New-York.

Illuftriertes Fachblatt für die gefamte Glas-, Porzellan- und Steingut und alle Zweige der Thonwaaren-Induftrie. Zittau. Red. von F. C. HÖNA. Erfcheint feit 1893.

Süddeutfche Glafer-Zeitung etc. München. Erfcheint feit 1897.

Die Glas-Induftrie etc. Red. von K. BRUHN. Berlin. Erfcheint feit 1890.

Berichtigung.

S. 6, Zeile 18 v. o.: Statt „wenn“ zu lefen: „welche“.

Dritter Teil.

DIE HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

1. Band: **Konstruktionselemente** in Stein, Holz und Eisen. Von Geh. Regierungsrat Prof. G. Barkhausen, Hannover, Geh. Regierungsrat Prof. Dr. F. Heinzerling, Aachen und Geh. Baurat Prof. † E. Marx, Darmstadt. — **Fundamente.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt, Darmstadt. Dritte Auflage. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

2. Band: **Raumbegrenzende Konstruktionen.**

Heft 1: **Wände und Wandöffnungen.** Von Geh. Baurat Prof. † E. Marx, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 24 Mark, in Halbfranz gebunden 27 Mark.

Heft 2: **Einfriedigungen, Brüstungen und Geländer; Balkone, Altane und Erker.** Von Prof. † F. Ewerbeck, Aachen und Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt, Darmstadt. — **Gesimse.** Von Prof. † A. Göller, Stuttgart. Zweite Auflage. Preis: 20 M., in Halbfranz geb. 23 M.

Heft 3, a: **Balkendecken.** Von Geh. Regierungsrat Prof. G. Barkhausen, Hannover. Zweite Aufl. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

Heft 3, b: **Gewölbte Decken; verglaste Decken und Deckenlichter.** Von Geh. Hofrat Prof. C. Körner, Braunschweig, Bau- und Betriebs-Inspektor A. Schacht, Celle, und Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt, Darmstadt. Zweite Aufl. Preis: 24 Mark, in Halbfranz gebunden 27 Mark.

Heft 4: **Dächer;** Dachformen. Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt, Darmstadt. — Dachstuhlkonstruktionen. Von Geh. Baurat Prof. Th. Landsberg, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

Heft 5: **Dachdeckungen;** verglaste Dächer und Dachlichter; massive Steindächer, Nebenanlagen der Dächer. Von Geh. Baurat Prof. H. Koch, Berlin, Geh. Baurat Prof. † E. Marx, Darmstadt und Geh. Oberbaurat L. Schwering, St. Johann a. d. Saar. Zweite Auflage. Preis: 26 Mark, in Halbfranz gebunden 29 Mark.

3. Band, Heft 1: **Fenster, Thüren** und andere bewegliche Wandverschlüsse. Von Geh. Baurat Prof. H. Koch, Berlin. Zweite Auflage. Preis: 21 Mark, in Halbfranz gebunden 24 Mark.

Heft 2: **Anlagen zur Vermittelung des Verkehrs in den Gebäuden** (Treppen und innere Rampen; Aufzüge; Sprachrohre, Haus- und Zimmer-Telegraphen). Von Direktor † J. Krämer, Frankenhausen, Kaiserl. Rat Ph. Mayer, Wien, Baugewerkschullehrer O. Schmidt, Posen und Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 14 Mark, in Halbfranz gebunden 17 Mark.

Heft 3: **Ausbildung der Fussboden-, Wand- und Deckenflächen.** Von Geh. Baurat Prof. H. Koch, Berlin. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

4. Band: **Anlagen zur Versorgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Wasser.** Versorgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme. Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt, Darmstadt. — Künstliche Beleuchtung der Räume. Von Geh. Regierungsrat Prof. H. Fischer und Prof. Dr. W. Kohlrausch, Hannover. — Heizung und Lüftung der Räume. Von Geh. Regierungsrat Prof. H. Fischer, Hannover. — Wasserversorgung der Gebäude. Von Prof. Dr. O. Lueger, Stuttgart. Zweite Auflage. Preis: 22 Mark, in Halbfranz gebunden 25 Mark.

5. Band: **Koch-, Spül-, Wasch- und Bade-Einrichtungen.** Von Geh. Bauräten Professoren † E. Marx und Dr. E. Schmitt, Darmstadt. — **Entwässerung und Reinigung der Gebäude;** Ableitung des Haus-, Dach- und Hofwassers; Aborte und Pissoirs; Entfernung der Fäkalstoffe aus den Gebäuden. Von Privatdocent Bauinspektor M. Knauff, Berlin und Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt, Darmstadt. Zweite Aufl. (Vergriffen.) Dritte Auflage in Vorbereitung.

6. Band: **Sicherungen gegen Einbruch.** Von Geh. Baurat Prof. † E. Marx, Darmstadt und Geh. Baurat Prof. H. Koch, Berlin. — **Anlagen zur Erzielung einer guten Akustik.** Von Stadtbaurat A. Sturmhoefel, Berlin. — **Glockenstühle.** Von Geh. Rat Dr. C. Köpcke, Dresden. — **Sicherungen gegen Feuer, Blitzschlag, Bodensenkungen und Erderschütterungen; Stützmauern.** Von Baurat E. Spillner, Essen. — **Terrassen und Perrons, Freitreppen und äussere Rampen.** Von Prof. † F. Ewerbeck, Aachen. — **Vordächer.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt, Darmstadt. — **Eisbehälter und Kühlanlagen mit künstlicher Kälteerzeugung.** Von Oberingenieur E. Brückner, Moskau und Baurat E. Spillner, Essen. Dritte Auflage. Preis: 14 Mark, in Halbfranz gebunden 17 Mark.

Zu beziehen durch die meisten Buchhandlungen.

VIERTER TEIL.

ENTWERFEN, ANLAGE UND EINRICHTUNG DER GEBÄUDE.

1. Halbband: **Architektonische Komposition.** Allgemeine Grundzüge. Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — Proportionen in der Architektur. Von Prof. A. THIERSCH, München. — Anlage des Gebäudes. Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — Gestaltung der äusseren und inneren Architektur. Von Prof. J. BÜHLMANN, München. — Vorräume, Treppen-, Hof- und Saal-Anlagen. Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt und Stadtbaurat A. STURMHOEFEL, Berlin. Dritte Auflage.
Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

2. Halbband: **Gebäude für die Zwecke des Wohnens, des Handels und Verkehres.**

Heft 1: **Wohnhäuser.** Von Geh. Hofrat Prof. C. WEISSBACH, Dresden.
Preis: 21 Mark, in Halbfranz gebunden 24 Mark.

Heft 2: **Gebäude für Geschäfts- und Handelszwecke** (Geschäfts-, Kauf- und Warenhäuser, Gebäude für Banken und andere Geldinstitute, Passagen oder Galerien, Börsengebäude). Von Prof. Dr. H. AUER, Bern, Architekt P. KICK, Berlin, Prof. K. ZAAR, Berlin und Docent A. L. ZAAR, Berlin. Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.

Heft 3: **Gebäude für den Post-, Telegraphen- und Fernsprechdienst.** Von Postbaurat R. NEUMANN, Erfurt. Preis: 10 Mark, in Halbfranz gebunden 13 Mark.

Heft 4: **Eisenbahnhochbauten.** Von Geh. Baurat A. RÜDELL, Berlin. In Vorbereitung

3. Halbband: **Gebäude für die Zwecke der Landwirtschaft und der Lebensmittel-Versorgung.**

Heft 1: **Landwirtschaftliche Gebäude und verwandte Anlagen.** Von Prof. A. SCHUBERT, Kassel und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage.
Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.

Heft 2: **Gebäude für Lebensmittel-Versorgung** (Schlachthöfe und Viehmärkte; Märkte für Lebensmittel; Märkte für Getreide; Märkte für Pferde und Hornvieh). Von Stadtbaurat † G. OSTHOFF, Berlin und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.

4. Halbband: **Gebäude für Erholungs-, Beherbergungs- und Vereinszwecke.**

Heft 1: **Schankstätten und Speisewirtschaften, Kaffeehäuser und Restaurants.** Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt und Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. — **Volksküchen und Speiseanstalten für Arbeiter; Volkskaffeehäuser.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Oeffentliche Vergnügungsstätten.** Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt und Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. — **Festhallen.** Von Geh.-Rat Prof. Dr. J. DURM, Karlsruhe. — **Gasthöfe höheren Ranges.** Von Geh. Baurat H. v. D. HUDE, Berlin. — **Gasthöfe niederen Ranges, Schlaf- und Herbergshäuser.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Dritte Auflage.
Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

Heft 2: **Baulichkeiten für Kur- und Badeorte.** Von Architekt † J. MYLIUS, Frankfurt a. M. und Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — **Gebäude für Gesellschaften und Vereine.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT und Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — **Baulichkeiten für den Sport. Sonstige Baulichkeiten für Vergnügen und Erholung.** Von Geh.-Rat Prof. Dr. J. DURM, Karlsruhe, Architekt † J. LIEBLEIN, Frankfurt a. M., Oberbaurat Prof. R. v. REINHARDT, Stuttgart und Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. Dritte Auflage. Preis 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

5. Halbband: **Gebäude für Heil- und sonstige Wohlfahrts-Anstalten.**

Heft 1: **Krankenhäuser.** Von Prof. F. O. KUHN, Berlin. Zweite Auflage.
Preis: 32 Mark, in Halbfranz gebunden 35 Mark.

Heft 2: **Verschiedene Heil- und Pflege-Anstalten** (Irrenanstalten, Entbindungsanstalten, Heimstätten für Wöchnerinnen und für Schwangere, Sanatorien, Lungenheilstätten, Heimstätten für Genesende); **Versorgungs-, Pflege- und Zufluchtshäuser.** Von Geh. Baurat G. BEHNKE, Frankfurt a. M., Prof. K. HENRICI, Aachen, Architekt F. SANDER, Frankfurt a. M., Geh. Baurat W. VOIGES, Wiesbaden, Bauinspektor H. WAGNER, Darmstadt, Geh. Oberbaurat V. v. WELTZIEN, Darmstadt und Stadtbaurat Dr. K. WOLFF, Hannover. Zweite Auflage. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

Heft 3: **Bade- und Schwimm-Anstalten.** Von Prof. F. GENZMER, Berlin.
Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

Heft 4: **Wasch- und Desinfektions-Anstalten.** Von Prof. F. GENZMER, Berlin.
Preis: 9 Mark, in Halbfranz gebunden 12 Mark.

Jeder Band, bezw. jedes Heft bildet ein Ganzes für sich und ist einzeln käuflich.

6. Halbband: **Gebäude für Erziehung, Wissenschaft und Kunst.**

Heft 1: **Niedere und höhere Schulen** (Schulbauwesen im allgemeinen; Volksschulen und andere niedere Schulen; niedere techn. Lehranstalten u. gewerbl. Fachschulen; Gymnasien und Reallehranstalten, mittlere techn. Lehranstalten, höhere Mädchenschulen, sonstige höhere Lehranstalten; Pensionate u. Alumnate, Lehrer- u. Lehrerinnenseminare, Turnanstalten). Von Geh. Baurat G. Behnke, Frankfurt a. M., Prof. K. Hintrager, Gries, Oberbaurat Prof. † H. Lang, Karlsruhe, Architekt † O. Lindheimer, Frankfurt a. M., Geh. Bauräten Prof. Dr. E. Schmitt und † Dr. H. Wagner, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

Heft 2, a: **Hochschulen** I. (Universitäten und Technische Hochschulen; Naturwissenschaftliche Institute). Von Geh. Oberbaurat H. Eggert, Berlin, Baurat C. Junk, Berlin, Geh. Hofrat Prof. C. Körner, Braunschweig und Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 24 Mark, in Halbfranz gebunden 27 Mark.

Heft 2, b: **Hochschulen** II. (Universitäts-Kliniken, Technische Laboratorien; Sternwarten und andere Observatorien). Von Landbauinspektor P. Mussigbrodt, Berlin, Oberbaudirektor † Dr. P. Spieker, Berlin und Geh. Regierungsrat L. v. Tiedemann, Potsdam. Zweite Auflage. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

Heft 3: **Künstler-Ateliers, Kunstakademien und Kunstgewerbeschulen; Konzerthäuser und Saalbauten.** Von Reg.-Baumeister C. Schaupert, Nürnberg, Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt, Darmstadt und Prof. C. Walther, Nürnberg. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

Heft 4: **Gebäude für Sammlungen und Ausstellungen** (Archive; Bibliotheken; Museen; Pflanzenhäuser; Aquarien; Ausstellungsbauten). Von Baurat † A. Kerler, Karlsruhe, Baurat A. Kortüm, Halle, Architekt † O. Lindheimer, Frankfurt a. M., Prof. A. Messel, Berlin, Architekt R. Opfermann, Mainz, Geh. Bauräten Prof. Dr. E. Schmitt und † Dr. H. Wagner, Darmstadt. (Vergriffen.) Zweite Auflage in Vorbereitung.

Heft 5: **Theater.** Von Baurat M. Semper, Hamburg.
Preis: 27 Mark, in Halbfranz gebunden 30 Mark.

Heft 6: **Zirkus- und Hippodromgebäude.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt, Darmstadt.
Preis: 6 Mark, in Halbfranz gebunden 9 Mark.

7. Halbband: **Gebäude für Verwaltung, Rechtspflege und Gesetzgebung; Militärbauten.**

Heft 1: **Gebäude für Verwaltung und Rechtspflege** (Stadt- und Rathäuser; Gebäude für Ministerien, Botschaften und Gesandtschaften; Geschäftshäuser für Provinz- und Kreisbehörden; Geschäftshäuser für sonstige öffentliche und private Verwaltungen; Leichenschauhäuser; Gerichtshäuser; Straf- und Besserungsanstalten). Von Prof. F. Bluntschli, Zürich, Stadtbaurat A. Kortüm, Halle, Prof. G. Lasius, Zürich, Stadtbaurat † G. Osthoff, Berlin, Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt, Darmstadt, Baurat F. Schwechten, Berlin, Geh. Baurat Prof. † Dr. H. Wagner, Darmstadt und Baudirektor † Th. v. Landauer, Stuttgart. Zweite Auflage.
Preis: 27 Mark, in Halbfranz gebunden 30 Mark.

Heft 2: **Parlaments- und Ständehäuser; Gebäude für militärische Zwecke.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. P. Wallot, Dresden, Geh. Baurat Prof. † Dr. H. Wagner, Darmstadt und Oberstleutnant F. Richter, Dresden. Zweite Aufl. Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.

8. Halbband: **Kirchen, Denkmäler und Bestattungsanlagen.**

Heft 1: **Kirchen.** Von Geh. Hofrat Prof. Dr. C. Gurlitt, Dresden. Unter der Presse.

Heft 2 u. 3: **Denkmäler.** Von Architekt A. Hofmann, Berlin. Unter der Presse.

Heft 4: **Bestattungsanlagen.** Von Städt. Baurat H. Grässel, München. In Vorbereitung.

9. Halbband: **Der Städtebau.** Von Ober- u. Geh. Baurat Dr. J. Stübben, Berlin. (Vergriffen.) Zweite Auflage in Vorbereitung.

10. Halbband: **Die Garten-Architektur.** Von Baurat A. Lambert und Architekt E. Stahl, Stuttgart.
Preis: 8 Mark, in Halbfranz gebunden 11 Mark.

Das »Handbuch der Architektur« ist zu beziehen durch die meisten Buchhandlungen, welche auf Verlangen auch einzelne Bände zur Ansicht vorlegen. Die meisten Buchhandlungen liefern das »Handbuch der Architektur« auf Verlangen sofort vollständig, soweit erschienen, oder eine beliebige Auswahl von Bänden, Halbbänden und Heften auch gegen monatliche Teilzahlungen. Die Verlagshandlung ist auf Wunsch bereit, solche Handlungen nachzuweisen.

Stuttgart,
im Oktober 1904.

Alfred Kröner Verlag.

Handbuch der Architektur.

Unter Mitwirkung von Prof. Dr. **J. Durm,** Geh.-Rat in Karlsruhe und
Prof. Dr. **H. Ende,** Geh. Regierungs- und Baurat, Präsident der Kunstakademie in Berlin,

herausgegeben von Prof. Dr. **E. Schmitt,** Geh. Baurat in Darmstadt.

Alphabetisches Sach-Register.

Jeder Band, bezw. jedes Heft bildet ein Ganzes für sich und ist einzeln käuflich.

HANDBUCH DER ARCHITEKTUR.

	Teil	Band	Heft
Kegelbahnen	IV	4	2
Keramik in der Baukunst	I	4	
Keramische Erzeugnisse	I	1	1
Kinder-Bewahranstalten	IV	5	2
Kinderhorte	IV	5	2
Kinderkrankenhäuser	IV	5	1
Kioske	IV	4	2
Kirchen	IV	8	1
Kirchenbau, romanischer u. gotischer	II	4	3
Kleinkinderschulen	IV	6	1
Kliniken, medizinische	IV	6	2,b
Klubhäuser	IV	4	2
Koch-Einrichtungen	III	5	
Komposition, architektonische	IV	1	
Konstruktions-Elemente	III	1	
Konstruktionsmaterialien	I	1	1
Konversationshäuser	IV	4	2
Konzerthäuser	IV	6	3
Kostenanschläge	I	5	
Krankenhäuser	IV	5	1
Kreisbehörden	IV	7	1
Kriegsbaukunst, romanische und got.	II	4	1
Kriegsschulen	IV	7	2
Krippen	IV	5	2
Küchenausgüsse	III	5	
Kühlanlagen	III	6	
Kunstakademien	IV	6	3
Kunstgewerbeschulen	IV	6	3
Künstler-Ateliers	IV	6	3
Kunstschulen	IV	6	3
Kunstvereins-Gebäude	IV	4	2
Kupfer als Baustoff	I	1	1
Kurhäuser	IV	4	2
Laboratorien	IV	6	2
Landhäuser	IV	2	1
Landwirtschaft. Gebäude für die Zwecke der Landwirtschaft	IV	3	1
Laufstege der Dächer	III	2	5
Lebensmittel-Versorgung. Gebäude für Lebensmittel-Versorgung	IV	3	2
Leichenhäuser	IV	5	1
Leichenschauhäuser	IV	7	1
Logen (Freimaurer)	IV	4	2
Lüftung der Räume	III	4	
Lungenheilstätten	IV	5	2
Luxuspferdeställe	IV	3	1
Mädchenschulen, höhere	IV	6	1
Märkte für Getreide, Lebensmittel, Pferde und Hornvieh	IV	3	2
Markthallen	IV	3	2
Marställe	IV	3	1
Maschinenlaboratorien	IV	6	2,b
Materialien des Ausbaues	I	1	1
Material-Prüfungsanstalten	IV	6	2,b
Mauern	III	2	1
Mechanisch-technische Laboratorien	IV	6	2
Medizin. Lehranstalt. d. Universität.	IV	6	2
Messpaläste	IV	2	2
Metalle als Materialien des Ausbaues	I	1	1
Metalldächer	III	2	5
Militärbauten	IV	7	2
Militär-Hospitäler	IV	5	1
Ministerialgebäude	IV	7	1
Mittelalterliche Baukunst	II	3/4	
Mörtel als Konstruktionsmaterial	I	1	1
Museen	IV	6	4
Musikzelte	IV	4	2
Naturwissenschaftliche Institute	IV	6	2,a
Oberlicht	III	3	1
Observatorien	IV	6	2,b
Ornament. Formenlehre d. Ornaments	I	3	
Ortsbehörden	IV	7	1
Paläste	IV	2	1
Panoramen	IV	4	2
Parlamentshäuser	IV	7	2
Passagen	IV	2	2
Pavillons	IV	10	
Pensionate	IV	6	1
Pergolen	IV	10	
Perrons	III	6	
Pferdeställe	IV	3	1
Pflanzenhäuser	IV	6	4
"	IV	9	
Pflegeanstalten	IV	5	2
Physikalische Institute	IV	6	2,a
Pissoirs	III	5	
Post-Gebäude	IV	2	3
Proportionen in der Architektur	IV	1	
Provinzbehörden	IV	7	1
Quellenhäuser	IV	4	2
Rampen, äussere	III	6	
Rampen, innere	IV	3	2
Rathäuser	IV	7	1
Raum-Architektur	IV	1	
Raumbegrenzende Konstruktionen	III	2	
Raumbildung	IV	1	
Rechtspflege. Gebäude f. Rechtspflege	IV	7	1
Reinigung der Gebäude	III	5	
Reitbahnen	IV	4	2
Reithäuser	IV	7	2
Renaissance. Baukunst der	II	5/7	
Renaissance in Italien	II	5	
Renaissance in Frankreich	II	6	
Renaissance in Deutschland, Holland, Belgien und Dänemark	II	7	
Rennbahnen	IV	4	2
Restaurants	IV	4	1
Rollschlittschuhbahnen	IV	4	2
Romanische Baukunst	II	4	
Römer. Baukunst der Römer	II	2	
Ruheplätze	IV	10	
Saal-Anlagen	IV	1	
Saalbauten	IV	6	3
Sammlungen	IV	6	4
Sanatorien	IV	5	
Schankstätten	IV	4	1

Jeder Band, bezw. jedes Heft bildet ein Ganzes für sich und ist einzeln käuflich.

ALFRED KRÖNER VERLAG IN STUTTGART.

Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart.








UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 06826 51

